

S P R E N G E R I N S T I T U U T
Haagsteeg 6, 6708 PM Wageningen
Tel.: 08370-19013

RAPPORT NO. 2185

W. Verbeek en R.G. Bons

AFKOELPROEVEN MET PALLETLADINGEN TOMATEN
EN ANDERE GROENTE MET DOORSTROOMKOELING

Uitgebracht aan de directeur van het Sprenger Instituut en aan de werkgroep
"Conditionering kasprodukten" van het Centraal Bureau voor de Tuinbouwveilingen.
Project no. 11.0004

INHOUD

SAMENVATTING

1. INLEIDING
2. PROEFOPZET
3. BESPREKING MEETRESULTATEN
 - 3.1. Algemeen
 - 3.2. Nomogram
 - 3.3. Pallets tomaten met blaaswand
 - 3.4. Pallets tomaten met zuigwand
 - 3.5. Afkoelproeven met diverse groente
(radijs, koolrabi, rettich, Chinese kool, sla en ijssla)
4. KOELTECHNISCHE BEREKENINGEN VAN EEN VOORKOELINSTALLATIE
5. CONCLUSIES
6. DISCUSSIE EN VERDER ONDERZOEK
7. LITERATUUR
8. BIJLAGEN

SAMENVATTING

Om na te gaan of het in de praktijk mogelijk is verrijdbare palletladingen tomaten snel te koelen van 25°C naar 15°C met lucht van 7°C zijn met een doorstroomkoelmethode afkoelproeven uitgevoerd met 2 rijen van 4 pallets pootjesbakken achter elkaar.

Twee methoden zijn beproefd nl., de blaaswand- en de zuigwandmethode.

De blaaswandmethode is uitgevoerd zonder gebruik te maken van afdichtingen.

Hiertoe werd de lucht verdeeld door blaasmonden die zodanig op de wand waren bevestigd, dat de lucht tussen de bakjes door werd geblazen. Op grond van de meetresultaten is gebleken, dat deze methode (zonder afdichtingen) niet is aan te bevelen. Indien afdichtingen moeten worden toegepast verdient de zuigwandmethode de voorkeur omdat bij zuigen de afdichtingen gemakkelijker en beter afsluiten, bovendien behoeft de luchtstroom niet gericht te worden, de verpakking zelf fungeert als verdeelwand.

Voor groente, die tot $0-1^{\circ}\text{C}$ moeten worden gekoeld, zijn minder snelle koeltijden mogelijk dan bij tomaten waarbij met een lagere luchttemperatuur kan worden gekoeld bij de gewenste eindtemperatuur. Immers, om vorstschade te voorkomen, zal niet met een luchttemperatuur beneden 0°C mogen worden gekoeld.

Verder dient men bij voor koelen tot $0-1^{\circ}\text{C}$ grote eisen te stellen aan de regeling van de koelmachine voor wat betreft de constantheid van de temperatuur op een niveau dichtbij 0°C .

Onderzocht zal moeten worden of snellere afkoeling tot $0-1^{\circ}\text{C}$ voor diverse groente mogelijk is bij hogere luchtsnelheden dan 2 m/s.

1. INLEIDING

In 1980 zijn door het Sprenger Instituut op de veiling Delft - Westerlee afkoelproeven met tomaten uitgevoerd met een doorstroomkoelmethode met zuigwand. (1, 2)

De bedoeling van de proeven is geweest om na te gaan of afkoeling van palletladingen tomaten in korte tijd (ca. 1 uur) mogelijk was.

In dat geval kunnen namelijk de tomaten die in de ochtend worden omgevoerd eventueel nog gekoeld worden.

De veiling die de tomaten nog niet dagelijks koelt zou bij overschakelen op dagelijkse koeling zowel in personeel als in heftrucks moeten investeren.

Een koelmethode waarbij weinig personeel nodig is, is aantrekkelijk voor alle veilingen.

De koelproeven zijn uitgevoerd voor de werkgroep "conditionering kasprodukten"

van het C.B.T.

Omdat bij de veiling Delft-Westerlee reeds gebruik wordt gemaakt van wagens voor het transport van de pallets tomaten is de vraag gesteld of deze wagens met 8 pallets (2 rijen van 4 pallets tomaten achter elkaar) binnen ca. 1 uur gekoeld kunnen worden.

Uit het onderzoek in 1980, waarbij proeven op kleine schaal zijn uitgevoerd, was reeds gebleken dat 2 pallets pootjesbakken tomaten achter elkaar inderdaad gekoeld kunnen worden in 1 uur indien gebruik wordt gemaakt van zgn. geforceerde exponentiële koeling, dat wil zeggen koelen met een lagere luchttemperatuur (7°C) dan de gewenste eindtemperatuur van het produkt (15°C).

Alvorens tot realisatie van voorkoeltunnels over te gaan is aan het Sprenger Instituut de vraag gesteld de proeven uit te voeren op praktijkschaal.

In dit onderzoek zijn proeven uitgevoerd met wagens met 8 pallets tomaten (2 rijen van 4 pallets achter elkaar).

Door de werkgroep van het C.B.T. is tevens gevraagd of de koelmethode geschikt is voor snelle koeling van andere groentesoorten zoals radijs, koolrabi, retich, Chinese kool, sla en ijssla.

Omdat voor het voorkoelen van aanzienlijke hoeveelheden produkt in korte tijd een groot koelvermogen nodig is, is nagegaan of besparingen op de te installeren koelcapaciteit kunnen worden verkregen door gebruik te maken van ijsbuffering en/of verdampingskoeling.

Hiertoe zijn berekeningen uitgevoerd waarbij is uitgegaan van 4 voorkoeltunnels waarin per dag 256 pallets tomaten gekoeld worden.

2. PROEFOPZET

De proeven zijn uitgevoerd op de veiling Delft-Westerlee.

In een bestaande koelcel is een houten wand gemaakt, die voorzien werd van 10 luchtspleten van 50 x 6000 mm. In deze spleten zijn aluminium uitblaaskokers met een diepte van 10 mm zodanig bevestigd, dat de spleten zo goed mogelijk overeenkomen met de plaats van de openingen tussen de pootjesbakken.

De pallets pootjesbakken tomaten zijn geplaatst op een wagen zoals momenteel in gebruik voor het transport op de betreffende veiling.

Achter de houten blaaswand zijn bij de koelers aluminium luchtgeleidingsschotten aangebracht, alsmede een lucht verjongingsschot van spaanplaat om een zo

goed mogelijke luchtverdeling in de blaaswand te bewerkstelligen.
Het overige gedeelte van de wand is afgesloten voor de luchtcirculatie.

Verder zijn de 10 aanwezige ventilatoren uitgewisseld voor ventilatoren met een grotere capaciteit namelijk elk 4800 m³/h bij een statische tegendruk van ca. 30 mm WK, geschikt voor 2-toeren, namelijk 1430 en 2785 omw./min.

Het luchtdebiet wordt na het verlaten van de uitblaaskokers door de openingen van de 2 achter elkaar geplaatste rijen pallets pootjesbakken doorgeblazen. Op deze wijze zijn 3 afkoelproeven uitgevoerd met 2 rijen van 4 pallets pootjesbakken tomaten achter elkaar (proeven 1, 2 en 3).

Er is getracht met een gerichte luchtstroom te werken, hetgeen als voordeel heeft, dat dan geen afdichtingen nodig zijn tussen de blaaswand en het produkt.

Vervolgens is de blaaswand gewijzigd in een zuigwand. Hiertoe zijn alle uitblaasmonden verwijderd, waardoor een rechthoekige opening ontstond ter grootte van 4 pallets breed en 1 pallet hoog beginnend ter hoogte van de wagen (figuur 1).

Bij zuigen zijn afdichtingen tussen produkt en wand noodzakelijk, omdat de lucht nu niet gericht tussen de openingen van de kistjes wordt geblazen. Immers bij zuigen wordt de lucht eerst vrijuit in de koelcel geblazen en wordt vervolgens aan de achterzijde van de pallets terug gezogen naar de ventilatoren.

Indien bij zuigen geen goede afdichting is aangebracht tussen de wand en het produkt, zal de lucht de weg kiezen van de minste weerstand en niet tussen de kistjes doorstromen maar buiten de bakjes langs.

De afdichting bestaat uit schuimrubber blokken van 15 x 15 cm, die rondom de opening (480 x 120 cm) op de houten wand van de cel zijn gelijmd.

De wagens met palletladingen produkt zijn bij deze proeven zodanig voor de zuigwand gemanoevreerd, dat de pallets goed aansluiten tegen de afdichting. De beide zijanten van de dubbele rijen pallets zijn met plastic folie afgedekt.

Met deze opstelling zijn 3 afkoelproeven uitgevoerd met 2 rijen van 4 pallets pootjesbakken tomaten achter elkaar (proeven 4, 5 en 6).

Vervolgens zijn proeven met andere produkten uitgevoerd, waarbij een aantal produkten gecombineerd zijn in die zin, dat van elk produkt slechts 2 pallets

tegelijkertijd zijn afgekoeld.

De betreffende pallets zijn achter elkaar geplaatst. Daarnaast werden 2 pallets met ander produkt geplaatst.

Bij proef 7 is op deze wijze het afkoelgedrag van radijs, koolrabi, rettich en Chinese kool bepaald, terwijl bij proef 8 het afkoelgedrag van sla en ijssla is gemeten.

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de uitgevoerde proeven.

Tabel 1. Overzicht uitgevoerde proeven.

proef	datum	omschrijving	
1	15-7-1981	8 pallets tomaten	proeven met blaawand
2	21-7-1981	8 pallets tomaten	
3	23-7-1981	8 pallets tomaten	
4	22-8-1981	8 pallets tomaten	proeven met zuigwand
5	25-8-1981	8 pallets tomaten	
6	11-9-1981	8 pallets tomaten	
7	17-9-1981	2 pallets Chinese kool 2 pallets radijs 2 pallets koolrabi 2 pallets rettich	
8	24-9-1981	2 pallets ijssla 2 pallets sla	

3. BESPREKING MEETRESULTATEN

3.1. Algemeen

De blaasproeven zijn uitgevoerd met de 10 ventilatoren op hoog toerental.

Tijdens de proeven bleek, dat enkele ventilatoren hiertegen niet bestand waren.

Voor blazen zonder afdichtingen zijn hoge luchtsnelheden nodig. De luchtsnelheden uit de blaasmonden bedroeg ca. 5 à 6 m/s.

Door het uitvallen van enkele ventilatoren tijdens de blaasproeven daalde de luchtsnelheden van de blaasmonden tot ca. 3 à 4 m/s.

Omdat bij de blaasproeven zonder afdichtingen is gewerkt, is de luchtsnelheid tussen de pootjesbakken door geringer (ca. 1 m/s, zie tabel 2).

Voor de proeven is het noodzakelijk over een constante luchtsnelheid te beschikken. Dit is dan ook de reden, dat besloten is, de zuigproeven uit te voeren op laag toerental. Dit laatste werd haalbaar geacht, omdat bij zuigen met afdichtingen een veel beter gebruik wordt gemaakt van de lucht, omdat alle beschikbare circulatielucht gedwongen wordt door de verpakking te stromen. Dit betekent, dat bij de zuigwandmethode lichtere ventilatoren kunnen worden gebruikt hetgeen minder energie vergt.

In bijlage I is van de proeven 1 t/m 8 het gemeten temperatuurverloop van elke temperatuur voeler tijdens de afkoeling gegeven.

De plaats van de temperatuurvoelers in de palletladingen is aangegeven in de figuren 2, 3 en 4.

In figuur 4a is de verpakking aangegeven van de proeven met diverse groente. Opgemerkt kan worden, dat de voelers altijd in het centrum van het produkt zijn geplaatst, in het produkt op de onderste laag en in het midden van de bakjes. De metingen zijn uitgevoerd in de buitenste bakjes van de palletrijen waardoor bereikt is, dat zowel het snelste- als het meest langzaamste afkoelverloop is gemeten.

Immers, de koude lucht komt eerst met de voorste rij pallets in aanraking en wordt tijdens het doorstromen opgewarmd. De bakjes waar de lucht het laatst over heen stroomt, koelen het langzaamste af.

In de figuren 5 t/m 16 is het temperatuurverloop van het langzaamste en snelste afgekoelde produkt uitgezet.

In deze figuren is ook het verloop van de koelcel luchttemperatuur gegeven.

Het vergelijken van de metingen onderling geeft de volgende problemen:

1. De luchttemperatuur van de koelcel is niet constant en niet bij elke proef dezelfde. Naarmate de luchttemperatuur van de koelcel lager is, wordt de gewenste produkttemperatuur eerder bereikt.
2. De begintemperatuur van het produkt is niet overal gelijk en niet en bij elke proef dezelfde.

Teneinde het toch mogelijk te maken proeven onderling te kunnen vergelijken is van elke proef de halfkoeltijd berekend.

Onder de halfkoeltijd wordt verstaan de tijd waarin de produkttemperatuur tot op de helft van het bij het begin aanwezige temperatuurverschil tussen produkt en

koelceltemperatuur is gedaald.

Het voordeel van de halfkoeltijd is, dat alle resultaten met elkaar vergeleken kunnen worden omdat deze halfkoeltijden niet afhankelijk zijn van de produkttemperatuur bij aanvang of van de celluchttemperatuur.

Gerekend wordt, dat na 4 à 5 keer de halfkoeltijd het produkt nagenoeg de temperatuur van de cellucht heeft bereikt.

In het hier beschreven onderzoek is voor wat betreft de tomaten afkoelproeven gebruik gemaakt van een geforceerde exponentiële koeling (lit. 3) dat wil zeggen er is afgekoeld met een lagere luchttemperatuur dan de gewenste eindtemperatuur van het produkt (nl. 7°C luchttemperatuur, gewenste produkttemperatuur 15°C).

De halfkoeltijd wordt dan ca. 1,2 x de halfkoeltijd.

Een exponentieel koelproces (zie fig. 17) wordt beschreven met: $\frac{T-T_1}{T_a-T_i} = e - \left(\frac{\ln 2}{t_{1/2}}\right) \cdot t$

T = gewenste temperatuur (15°C)

T_1 = luchttemperatuur (7°C)

T_a = produkttemperatuur (25°C)

$t_{1/2}$ = de uit de meetresultaten berekende halfkoeltijd

t_{15} = de uit formule 1 af te leiden afkoeltijd voor een koelproces van 25°C naar 15°C met lucht van 7°C.

De halfkoeltijden zijn berekend zowel voor de langzaamste als voor de snelste gemeten afkoeling, en zowel voor de voorste als de achterste rij pallets.

Bovendien is ook de gemiddelde halfkoeltijd berekend alsmede het totale gemiddelde, hierbij is rekening gehouden met het afkoelverloop van alle temperatuurvoelers tijdens de proeven in de palletlading. Bij de tomatenproeven kunnen de werkelijke koeltijden worden gevonden door de halfkoeltijden te vermenigvuldigen met 1,2. Bij de proeven met de diverse groente kan de werkelijke koeltijd worden gevonden door de halfkoeltijden te vermenigvuldigen met een factor 4.

3.2. Nomogram

Op basis van de formule in figuur 17 is een nomogram (figuur 18) gemaakt waarmee voor elke gewenste begin- of eindtemperatuur van het produkt de koeltijd kan worden afgelezen mits de halfkoeltijd bekend is. De laatstgenoemde grootte is gegeven in de tabellen 2 en 3.

Verder wordt opgemerkt, dat het nomogram alleen geldt voor doorstroomkoeling met hoge luchtsnelheden (ca. 2 m/sec en hoger).

Voorbeeld

Gevraagd wordt de koeltijd van een palletlading tomaten indien wordt gekoeld met lucht van 2°C in plaats van 7°C . De getrokken lijn geeft het temperatuurverloop aan van 25°C naar 7°C .

Trek een lijn van 25°C naar 2°C (is reeds gestippeld aangegeven).

Trek een verticale lijn (zie pijl) bij de gegeven halfkoeltijd (1 uur) omhoog tot het snijpunt met de getrokken lijn.

Dit snijpunt geeft aan, dat na 1 keer de halfkoeltijd het produkt tot 16°C is gekoeld.

Om nu de invloed van de afkoeling met lucht van 2°C na te gaan wordt vanaf het gevonden snijpunt bij 16°C een horizontale lijn getrokken (zie pijl) tot het snijpunt met de gestippelde lijn wordt bereikt en vervolgens kan op de as van de halfkoeltijd de factor worden afgelezen (0,7) waarmee de halfkoeltijd wordt verkort.

3.3. Pallets tomaten met blaaswand

Uit de resultaten van de afkoelproeven van palletladingen tomaten met blaaswand (zie tabel 2 en figuren 5, 6 en 7) blijkt o.m., dat de gemiddelde halfkoeltijden van de eerste rij pallets waarmee de koude lucht in aanraking komt, in dit geval de rij rechtstreeks voor de blaaswand aanmerkelijk korter zijn dan 1 uur, namelijk 24-44 minuten.

De spreiding in het afkoelgedrag van de eerste rij bedraagt 30-33%. De langste halfkoeltijd van de 1^e rij bedraagt niet meer dan 60 minuten. Gesteld kan worden dat bij blazen door kistjes tomaten van 1 rij pallets snelle afkoeling goed mogelijk is.

Uit de resultaten van de tweede rij pallets blijkt, dat de gemiddelde halfkoeltijden langer zijn dan 1 uur, namelijk 17-85 minuten.

De spreiding in de afkoeling neemt aanmerkelijk toe, namelijk 40-57% en de langste halfkoeltijd bedraagt nu 161 minuten.

Kennelijk is bij vrij blazen (zonder afdichtingen) de luchtlekkage naar de buitenzijde zodanig, dat aanzienlijke vertraging optreedt bij de afkoeling van een tweede rij pallets.

Voor wat betreft de afkoeling van de totale hoeveelheid produkt (2 rijen pallets achter elkaar) blijkt, dat de gemiddelde halfkoeltijd ca. 1 uur bedraagt, en de spreiding ca. 50%.

Tabel 2. Halfkoeltijden in minuten van palletladingen pootjesbakken tomaten bij doorstroomkoeling met blaaswand (A-tomaten)

proef no.		minimum (min)	maximum (min)	gemiddeld (min)	standaard-deviatie	variatie-coëff. (%)	gemiddelde luchtsnelheid (m/s)
1	1 ^e rij	22	60	44	13	30	0,8
	2 ^e rij	25	155	71	40	57	
	totaal	22	155	58	29	51	
2	1 ^e rij	18	45	28	9,3	33	1,0
	2 ^e rij	18	161	85	42	49	
	totaal	18	161	57	29	52	
3	1 ^e rij	23	54	31	9,9	32	
	2 ^e rij	41	125	77	31	40	
	totaal	23	125	54	22	41	

3.4. Pallets tomaten met zuigwand (tabel 3, figuren 8, 9 en 10)

- Uit de resultaten van de afkoelproeven van tomaten met zuigwand blijkt o.m., dat van de eerste rij pallets, dat is de rij waarmee de koude lucht het eerst in aanraking komt, de gemiddelde halfkoeltijden korter zijn dan 1 uur, namelijk 28-47 minuten. De spreiding bedraagt in dit geval 23-49%.
- Uit de resultaten van de afkoelproeven van de tweede rij pallets, blijkt dat de gemiddelde halfkoeltijden nu langer worden, namelijk 49-79 minuten, maar de spreiding neemt af en bedraagt namelijk 23-35%.
- Voor wat betreft de afkoeling van 8 pallets (2 rijen van 4 pallets achter elkaar) blijkt, dat de gemiddelde halfkoeltijd ca. 50 minuten bedraagt, namelijk 39-63 minuten, terwijl de spreiding kleiner is dan 50%, nl. 26-47%. Gesteld kan worden, dat bij zuigen het afkoelen van 2 rijen pallets achter elkaar goed mogelijk is.

Opgemerkt kan worden dat bij de proeven 4 en 5 de pallets aan de onderzijde niet geheel tegen de afdichting waren geplaatst en er een zekere luchtlek is geweest, terwijl dit bij proef 6 niet het geval was. Dit verklaart de kortere afkoeltijden bij proef 6.

Tabel 3. Halfkoeltijden in minuten van palletladingen pootjesbakken tomaten bij doorstroomkoeling met zuigwand (luchtsnelheid ca. 2 m/s).

proef no.		minimum (min)	maximum (min)	gemid- deld (min)	standaard- deviatie	variatie coëff. (%)	sor- tering	wel/geen lek door pallets
4	1 ^e rij	24	58	43	9,8	23	A	wel
	2 ^e rij	39	72	55	12,5	23		
	totaal	30	72	49	12,7	26		
5	1 ^e rij	21	87	47	22,5	47	C	wel
	2 ^e rij	54	120	79	21,9	28		
	totaal	21	120	63	27,4	43		
6	1 ^e rij	12	54	28	13,8	49	C	geen
	2 ^e rij	26	70	49	17,0	35		
	totaal	12	70	39	18,4	47		

3.5. Afkoelproeven met diverse groente

Bij deze proeven is een geringe geforceerde exponentiële koeling toegepast, met andere woorden er is gekoeld met een lagere temperatuur (gemiddeld ca. $-1,5^{\circ}\text{C}$) dan de gewenste eindtemperatuur van het produkt ($+1^{\circ}\text{C}$). Dit laatste is het gevolg geweest van het moeilijk regelbaar zijn van een grote koelcapaciteit. Uit de figuren 11 t/m 16 blijkt, dat de luchttemperatuur verre van constant is geweest en een fluctuatie van enkele graden vertoont.

Dit laatste is geen probleem indien tomaten gekoeld worden met luchttemperaturen van bijv. 8°C , immers enkele graden fluctuatie geeft dan geen kans op bevriezingsgevaar van het produkt.

(wel eventueel kans op lage temperatuur bederf, alhoewel tomaten gedurende korte tijd geen hinder ondervinden van temperaturen vlak boven 0°C).

Uit de figuren 11 t/m 16 blijkt verder, dat gedurende het begintraject van de afkoeling met een lagere temperatuur dan 0°C gekoeld mag worden. Immers bevriezing kan pas optreden nadat het produkt een temperatuur lager dan zijn vriespunt heeft bereikt.

Opmerking: Het vriespunt van tuinbouwprodukten is voor elk produkt verschillend en ligt lager dan 0°C .

Onder het vriespunt wordt verstaan de temperatuur waarbij de eerste ijskristallen gevormd worden (4).

Omdat bij de proeven met diverse groente in verband met vorstschade toch niet gekoeld kan worden met een veel lagere temperatuur dan de gewenste eindtemperatuur van het produkt, zal de werkelijke afkoeltijd een factor 4 langer zijn dan de gegeven halfkoeltijd.

De werkelijke afkoeltijd van elke gewenste afkoeling kan berekend worden met de formule uit figuur 17.

Verder kan worden opgemerkt, dat de proeven helaas moesten worden uitgevoerd met een lage luchtsnelheid, (ventilatoren op laag toerental) van ca. 2 m/s.

omdat de ventilatoren niet bestand bleken tegen een hoog toerental.

De afkoeltijden zullen verkort worden bij hogere luchtsnelheden.

RADIJS

De resultaten zijn vermeld in tabel 4, het afkoelgedrag is gegeven in figuur 11. Uit de resultaten blijkt, dat 2 pallets kistjes radijs achter elkaar snel gekoeld kunnen worden van 10°C naar 0°C met lucht van gemiddeld ca. $-1,5^{\circ}\text{C}$. De gemiddelde halfkoeltijd bedraagt 36 minuten en de spreiding 30%. De werkelijke koeltijd wordt gevonden door de halfkoeltijd met een factor 4 te vermenigvuldigen. Dus de verwachte koeltijd ca. 175 minuten.

Opgemerkt moet worden, dat de luchttemperatuur niet alleen te laag is geweest (gemiddeld ca. $-1,5^{\circ}\text{C}$) maar tevens een grote fluctuatie vertoont van enkele graden.

Na afloop van de proef bleek de radijs bevroren te zijn.

Op grond van de verkregen halfkoeltijd echter, kan met behulp van het nomogram de halfkoeltijd afgelezen worden indien het produkt gekoeld wordt met lucht van bijv. 1°C . De halfkoeltijd bedraagt dan 45 minuten in plaats van 36 minuten.

Uit figuur 11 valt verder op te maken, dat bevrozing van het produkt kan optreden na ca. 60 minuten. Immers na 60 minuten heeft het produkt een temperatuur van omstreeks 0°C bereikt. Gesteld mag worden, dat indien de luchtcirculatie na 1 uur gestaakt wordt dan geen bevrozing optreedt.

Tabel 4. Halfkoeltijden in minuten van palletladingen groenten bij doorstroom-koelmethode met zuigwand.

	v (m/s)	min. (min)	max. (min)	gem. (min)	standaard- deviatie	variatie- coëff. %	gewichts- verlies %
radijs	1,6	27	56	36	11	30	1,22
rettich	1,7	28	67	49	16	33	1,32
koolrabi	2,0	50	83	66	14	21	0,38
Chinese kool	1,5	98	332	202	118	58	0,35
ijssla	3,0	19	166	78	58	75	0,69
sla	1,0	21	30	25	4,6	18	1,03

Chinese kool (figuur 14, tabel 4)

De Chinese kool was verpakt in plastic. De verpakking was open aan de kropzijde. Op grond van de meetresultaten kan gesteld worden, dat Chinese kool verpakt in plastic niet snel kan worden gekoeld met de zuigwandmethode.

De gemiddelde halfkoeltijd bedraagt meer dan 3 uur en de spreiding is groot, namelijk ca. 58%. Dus de te verwachten koeltijd ca. 12 uur.

De werkelijke koeltijd wordt gevonden door de halfkoeltijd met een factor 4 te vermenigvuldigen.

Na afloop van de proef bleek de Chinese kool niet bevroren te zijn, dit laatste mag ook verondersteld worden op grond van figuur 14, waaruit blijkt dat na 150 minuten de laagste gemeten temperatuur van het produkt 5°C bedraagt.

Koolrabi (figuur 12, tabel 4)

Voor koolrabi geldt, dat afkoeling van koolrabi in kistjes goed mogelijk is.

De gemiddelde halfkoeltijd bedraagt 66 minuten bij een spreiding van minder dan 25%. Dus de te verwachten koeltijd ca. 4½ uur.

De werkelijke koeltijd wordt gevonden door de halfkoeltijd met een factor 4 te vermenigvuldigen.

Bij dit produkt is na afloop van de proef geen enkel bevroeringsverschijnsel geconstateerd. Zowel de knol als het loof zag er goed uit.

Ook hier geldt kennelijk, dat wel met een lagere temperatuur mag worden gekoeld dan 0°C mits het produkt zelf deze lage temperatuur niet bereikt heeft.

Rettich (figuur 13, tabel 4)

In principe is rettich in kistjes te koelen met de zuigwandmethode.

De halfkoeltijd is kort, namelijk gemiddeld 49 minuten en de spreiding is niet groot, namelijk 33%. Voor de werkelijke koeltijd moet de halfkoeltijd met een factor 4 worden vermenigvuldigd.

Na afloop van de proef is lichte vorstschade vastgesteld. Ook hier geldt dat de vorstschade voorkomen kan worden als de luchtcirculatie gestopt wordt nadat het produkt de temperatuur van ca. 0°C heeft bereikt (na ca. 120 minuten).

Sla en ijssla (figuren 15, 16 en tabel 4)

De ijssla was verpakt in plastic. Dit is dan ook de reden, dat de afkoeling lang duurt.

De gemiddelde halfkoeltijd bedraagt 78 minuten, hetgeen betekent, dat de werkelijke koeltijd ca. 4 x langer duurt. Dus de te verwachten koeltijd ca. 6 uur. De sla daarentegen was niet verpakt in plastic, maar de kistjes waren afgedekt met een geperforeerde plastic dekvel.

De afkoeltijd van sla op deze wijze verpakt is aanzienlijk korter.

De halfkoeltijd bedraagt 25 minuten, dat betekent een werkelijke koeltijd van 4 keer langer, dus ca. $1\frac{1}{2}$ uur.

Opgemerkt wordt, dat deze koeltijden veel te lang zijn voor een tunnel.

Onderzocht zal moeten worden of snellere koeling mogelijk is bij hogere luchtsnelheid.

4. KOELTECHNISCHE BEREKENINGEN VAN EEN VOORKOELINSTALLATIE

Voorkoeltunnels

De berekeningen van de te installeren koelcapaciteit is gebaseerd op de volgende gegevens:

Per dag worden 256 pallets pootjesbakken gekoeld van 25°C naar 14°C . De pallets bevinden zich op landbouwwagens, waarvan er steeds 2 aan elkaar gekoppeld zijn. Er wordt uitgegaan van 4 tunnels waarin per keer 64 pallets worden gekoeld.

Per tunnel dus 2 wagens met 16 pallets.

De afkoeltijd is gesteld op 1,5 uur. Hierbij is ook rekening gehouden met de traagste afkoeling.

Gerekend is, dat de tunnels na 2 uur opnieuw beladen worden, tot 4 keer per dag.

Om de te installeren koelcapaciteit zo gering mogelijk te doen zijn is de lucht-beweging zodanig gekozen, dat de wagens zelf niet gekoeld worden in de tunnel (zie figuur 19).

De koelcapaciteit is berekend met het computerprogramma van het S.I. "Koca" (6).

De te installeren koelcapaciteit bedraagt tenminste 400 kW (zie berekeningen in bijlage 2).

Conditioneerruimte

De conditioeneerruimte is een bewaarruimte waarin het reeds afgekoelde produkt van de voorkoeltunnels geplaatst wordt gedurende nacht of weekend.

Bij de berekening van de benodigde koelcapaciteit voor deze ruimte is uitgegaan van de volgende twee gedachten:

1. De totale hoeveelheid produkt die per dag door de voorkoelinstallatie wordt gekoeld (256 pallet), moet in deze ruimte op temperatuur worden gehouden. Dat wil zeggen een bewaartemperatuur van 14°C .
2. De landbouwwagens (32 stuks), die niet in de voorkoeltunnels zijn gekoeld worden in de conditioeneerruimte gekoeld.

Bij de koellastberekening is uitgegaan van de volgende gegevens:

Het vloeroppervlak van de ruimte bedraagt 1000 m^2 , hoogte 4,5 m, totaal volume 4500 m^3 .

De vloer is niet geïsoleerd. Aan de isolatiewaarde van de wanden zijn minder hoge eisen gesteld dan bij een koelcel gebruikelijk is.

Wanden optrekbaar?

De verlichting is op 4 W/m^2 gesteld; brandtijd 8 uur.

Voor wat betreft het afkoelen van de 32 wagens is uitgegaan van een afkoeltijd van 8 uur en een afkoeltraject van 22°C naar 14°C .

Benodigde koelcapaciteit voor de conditioeneerruimte:

Bewaring produkt + instraling	21 kW
Afkoelen landbouwwagens	11 kW
	<hr/>
	totaal 32 kW

Keuze koelsysteem

Algemeen

Gezien de grootte van het te installeren koelvermogen voor de voorkoeltunnels, nl. ca. 400 kW, verdient het aanbeveling na te gaan in hoeverre besparing op de kosten van de koelinstallatie kan worden verkregen door toepassing van een ijsbuffer (lit. 7). Dit betekent, dat in dat geval afgezien wordt van de conventionele koelinstallaties en met natte koelsystemen moet worden gewerkt (lit. 8). De omvang van de benodigde ijsvoorraad is berekend.

Natte koelsystemen bieden nog een andere mogelijkheid om te besparen op de te installeren koelcapaciteit. Dat is het geval wanneer bij de start van de koeling de produkttemperatuur hoger is dan de natte-boltemperatuur van de buitenlucht

(in de periode mei-september meestal van 11°C tot 20°C). Dan kan gedurende de eerste periode van de koeling (produkttemperatuur 25°C naar 22°C) gebruik worden gemaakt van verdampingskoeling. Dit is nader uitgewerkt.

Een consequentie is, dat het voorkoelproces wordt verlengd van 1,5 uur tot bijv. bijna 3 uur.

Berekening benodigde ijsmassa

Volgens KOCA is het koudeverbruik van 4 tunnels per charge 532 kWh (zie bijlage 1 en 2).

Totaal verbruik per dag voor 4 charges 2128 kWh.

Per ton ijs is aan koude beschikbaar 92,8 kWh.

Totaal benodigd tenminste $2128/92,8 = \underline{23 \text{ ton ijs}}$.

Berekening van de benodigde ijsproduktie (capaciteit: q ton ijs/uur) + buffer

Uitgangspunten (zie tijdschema; fig. 20).

- de ijsbuffering mag om 16.00 uur leeg zijn op een vaste reserve na van ca. 1 ton;
- de ijsproduktie gaat door tijdens het afkoelen van de eerste drie charges;
- voor één charge is nodig
$$\frac{532 \text{ kWh}}{92,8 \text{ kWh}} = \text{afgerond op } 6 \text{ ton ijs}$$
- verlies aan instraling enz. 2 ton/dag;
- bij de start van het voorkoelen is nodig:
ijs voor 4 charges (24 ton) minus de opbouw van ijs gedurende het afkoelen van 3 charges (q ton ijs/uur x 6 uur) plus de extra van 2 ton.

$$q \times 18 \text{ uur} = 24 - q \times 6 \text{ uur} + 2$$

$$q = \frac{26}{24} = 1,1 \text{ ton ijs/uur}$$

of een ijsmachine van 30 ton/dag en een ijsbuffer van minimaal 20 ton.

Realisatie ijsbuffer

IJsbank

In principe zijn er twee methoden van ijsopbouw mogelijk.

Het systeem, dat in de lit. 7 is beschreven, waarmee ijs wordt opgebouwd op pijpen waarin directe expansie van freon plaatsvindt. De pijpen kunnen zich

zowel boven als onder water bevinden. De onderwatermethode vraagt een koelwater-reservoir waarin pijpen zijn geplaatst, alsmede beluchtingspompen om een goede watercirculatie te waarborgen. De bovenwatermethode is energetisch in het voordeel omdat beluchtingspompen ontbreken.

Scherfijsmachine

Men kan in de handel complete scherfijsmachines verkrijgen tot zeer grote capaciteiten.

Deze machines maken op een economische wijze ijs. De fabricage temperatuur van het ijs bedraagt $-0,5^{\circ}\text{C}$. Het heeft weinig zin om kouder ijs te vervaardigen omdat de koudevoorraad opgeslagen in het ijs zich door deze handeling nauwelijks wijzigt en bovendien het rendement van de koelinstallatie wordt verslechterd. Het scherfijs van $-0,5^{\circ}\text{C}$ vriest niet aan elkaar, waardoor grote hoeveelheden ijs steeds stortklaar staan.

Voordeel van ijsbuffering

Er was een ijsfabricage nodig van 30 ton/dag. Hiervoor is een machine nodig met een koelvermogen van 125 kW. Zonder ijsbuffering is het vereiste koelvermogen 400 kW (zie bijlage 2).

Er is dus een aanzienlijke reductie in het te installeren koelvermogen mogelijk. Daar tegenover staat, dat het elektrisch energieverbruik gelijk blijft of mogelijk iets hoger (enkele procenten) uitvalt. (7)

Vervanging van mechanische koeling door verdampingskoeling in de eerste periode van het voorkoelproces

Verdampingskoeling is koeling van lucht door het verdampen van water.

Zolang de produkttemperatuur zich bevindt boven de natte boltemperatuur van de buitenlucht (in de periode mei t/m september fluctuerend tussen 11°C en 20°C met uitschieters naar 22°C à 23°C) is het mogelijk te koelen door middel van verdampingskoelproces. Dit koelproces kan worden uitgevoerd met een natte lucht-koeler zonder dat een koelmachine wordt gebruikt. Er draaien dan alleen ventilatoren voor de luchtcirculatie en een waterpomp voor de watercirculatie.

Tijdens het koelproces wordt buitenlucht aangezogen en deze lucht wordt in tegenstroom met water door de luchtbehandelingseenheid gevoerd. De lucht raakt daarbij tot op zekere hoogte verzadigd met water en verlaat de koeler met een temperatuur om en nabij de natte boltemperatuur.

In de startperiode van het voorkoelen treedt de grootste belasting op van het

koelsysteem en daarop wordt het te installeren koelvermogen berekend. Dit te installeren koelvermogen kan worden verminderd door in de beginperiode een zekere tijd verdampingskoeling toe te passen.

Een nadeel is, dat in die periode de koeling trager verloopt. Het totale koelproces kan afhankelijk van de voorkomende natte boltemperatuur uitlopen van 1½ uur naar ca. 3 uur.

Aan de andere kant heeft men met het inbouwen van de mogelijkheid en de keus van de tijdsduur van het verdampingskoelproces afhankelijk van de voorkomende natte boltemperatuur een mogelijkheid tot energiebesparing in handen.

Bij de berekening van de gevolgen voor het te installeren koelvermogen en de ijsbank is uitgegaan van de volgende gegevens:

Verdampingskoeling: produkttemperatuur van 25°C naar 22°C met lucht van 18°C in 1,75 uur gegeven een luchtcirculatie van 120.000 m³/h totaal of 30.000 m³/h per tunnel.

Daarna mechanische koeling: produkttemperatuur van 22°C naar 14°C met lucht van 7°C in 1,5 uur en dezelfde luchtcirculatie.

De te installeren koelcapaciteit voor de voorkeelininstallatie wordt dan 300 kW in plaats van 400 kW (zie bijlage 2) en de consequentie voor de ijsbank wordt, dat er per dag 8 ton ijs minder geproduceerd behoeft te worden dus een ijs-machine van 22 ton/dag met een koelvermogen van 91 kW en de grootte van de ijs-buffer wordt minimaal 15 ton ijs.

Samenvatting

voorkoel- installatie	normaal koelsysteem	nat koelsysteem + ijsbank	nat koelsysteem + ijsbank + verdampingskoeler
koelvermogen	400 kW	125 kW	91 kW
ijsreservoir	-	20 ton	15 ton
conditioneer- ruimte	32 kW		

5. CONCLUSIES

1. Enkele rijen palletladingen pootjesbakken tomaten naast elkaar op wagens kunnen met doorstroomkoeling voor een blaaswand (zonder afdichtingen) binnen 1 uur gekoeld worden van 25°C naar 15°C met een luchttemperatuur van 7°C . De benodigde luchtsnelheid uit de blaaswand bedraagt hiervoor 5 à 6 m/s.
2. Snelle afkoeling van twee rijen pallets pootjesbakken achter elkaar is met de blaaswandmethode niet aan te bevelen omdat niet alleen de afkoeltijden van de tweede rij pallets aanmerkelijk toenemen tot ca. 3 uur, maar ook verloopt de afkoeling van het produkt in deze rij niet gelijkmatig. Bovendien is het energieverbruik groter, omdat inefficiënt gebruik wordt gemaakt van de lucht waardoor zwaardere ventilatoren nodig zijn.
3. Wagens met twee rijen pallets tomatenbakjes achter elkaar kunnen met de doorstroomkoelmethode met zuigwand en rekening houdend met de traagste gemeten afkoeling wel in $1\frac{1}{2}$ uur worden gekoeld van 25°C naar 15°C met lucht van 7°C . De benodigde luchtsnelheid hiervoor bedraagt tenminste 2 m/s. Een hogere luchtsnelheid is gewenst omdat uit het vorige onderzoek (1) gebleken is, dat kortere koeltijden mogelijk zijn bij hogere luchtsnelheden.
4. De afkoelmethode met zuigwand is in principe geschikt voor andere groentesoorten zoals: radijs, rettich, koolrabi en sla.
Voor die produkten waarbij in verband met vorstschade niet of slechts gedurende korte tijd gekoeld mag worden met lagere luchttemperaturen dan de gewenste eindtemperatuur van het produkt duurt de werkelijke afkoeling een factor 4 langer dan de opgegeven halfkoeltijden. Dit laatste is dan ook de reden dat radijs, rettich, koolrabi, sla e.d. niet binnen 1 à 2 uur afgekoeld kunnen worden ondanks de korte halfkoeltijden.
De afkoeltijd van deze produkten kan nog verkort worden door te koelen met hogere luchtsnelheden, dan (ca. 2 m/s) waarbij de proeven zijn uitgevoerd.
5. Er kan een grote besparing op de te installeren koelcapaciteit worden verkregen indien gebruik wordt gemaakt van zgn. natte koelsystemen in combinatie met ijsbuffering en verdampingskoeling.

6. DISCUSSIE EN VERDER ONDERZOEK

1. De proeven met zuigwand zijn allen uitgevoerd met de ventilatoren op laag toerental. Dit omdat de ventilatiebladen niet bestand bleken te zijn om op hoog toerental te functioneren.

De hoogste luchtsnelheid waarmee de produkten gekoeld werden is hierdoor beperkt gebleven tot ca. 2 m/s.

Omdat produkten die tot ca. 1°C gekoeld moeten worden niet met een lagere luchttemperatuur mogen worden gekoeld in verband met vorstschade zijn de koeltijden voor deze produkten veel langer dan die voor de tomaten.

Indien men deze produkten toch snel tot een zo laag mogelijke temperatuur wil koelen dan is de enige mogelijkheid de luchtsnelheid te verhogen. Bekend is namelijk reeds (1), dat bij hogere luchtsnelheden dan 2 m/s snellere afkoeltijden mogelijk zijn.

Het verdient aanbeveling voor de diverse groente onderzoek te verrichten in hoeverre hogere luchtsnelheden een kortere koeltijd oplevert.

2. Uit de proeven met diverse groente die zijn afgekoeld tot ca. 0°C is gebleken dat de luchttemperatuur grote fluctuaties vertoonde.

Dit vindt zijn oorzaak in het moeilijk regelbaar zijn van grote koelcapaciteiten door aan/uit schakelen van een direct koelsysteem.

Afkoeling van groente tot ca. 1°C stelt hoge eisen aan de koelinstallatie voor wat betreft de constantheid van de luchttemperatuur.

Enerzijds mag de luchttemperatuur niet lager zijn dan 6°C om vorstschade van het produkt te voorkomen, anderzijds mag de luchttemperatuur gemiddeld gezien niet veel hoger zijn dan +1°C omdat anders deze temperatuur niet bereikt worden. Dit betekent, dat de koelinstallatie nauwkeurig regelbaar moet zijn

Opgemerkt kan worden dat natte koelsystemen bij uitstek geschikt zijn bij voor het voorkoelen tot 0-1°C, omdat bij deze systemen enerzijds de luchttemperatuur nooit beneden 0°C kan dalen en anderzijds de luchttemperatuur zeer constant blijft omdat een buffer in de vorm van water en ijs aanwezig is.

7. LITERATUUR

1. Verbeek, W. en R. Bons

Afkoelproeven met palletladingen tomaten met "pressure koeling".
Rapport no. 2145, Sprenger Instituut, Wageningen.

2. Verbeek, W.

Pressure koeling, Amerikaanse voorkoelmethode.
Groente en Fruit 34, 1979, no. 48, pag. 16-17.

3. Rudolphij, J.W.

Een studie over technische en praktische aspecten van het voorkoelen van tomaten.
Rapport no. 1985, Sprenger Instituut, Wageningen.

4. Produktgegevens groente en fruit,

mededeling no. 30, hoofdstuk 06, Sprenger Instituut, Wageningen.

5. Damen, P.M.M.

Doorstroomkoeling van radijs in palletkisten.
Rapport no. 2178, Sprenger Instituut, Wageningen.

6. Rudolphij, J.W. en L.M.M. Tijskens.

De koudebehoefte van een koelcel ("KOCA"-programma)
Rapport no. 2019, Sprenger Instituut, Wageningen.

7. Verbeek, W. en J.W. Rudolphij.

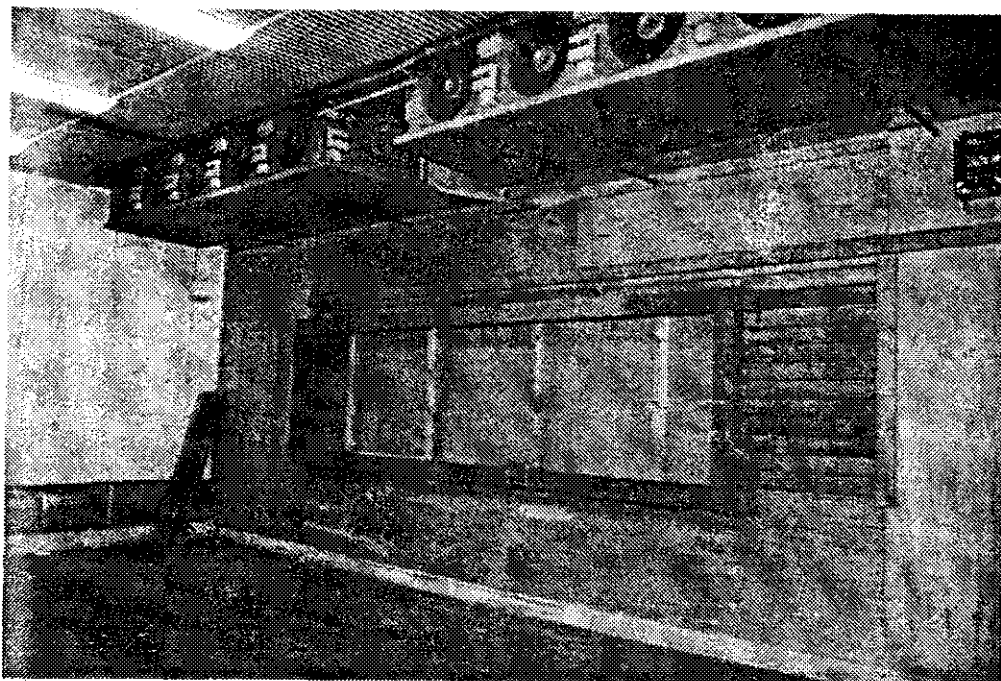
Levert ijsbuffering besparing?
Groente en Fruit, 18 juni 1980.

8. Verbeek, W.

Mogelijkheden van natte koelsystemen.
Bedrijfsontwikkeling, december 1981.

Wageningen, 21 oktober 1981

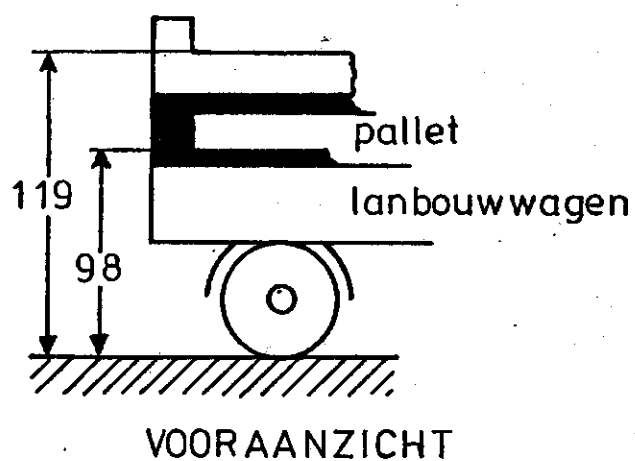
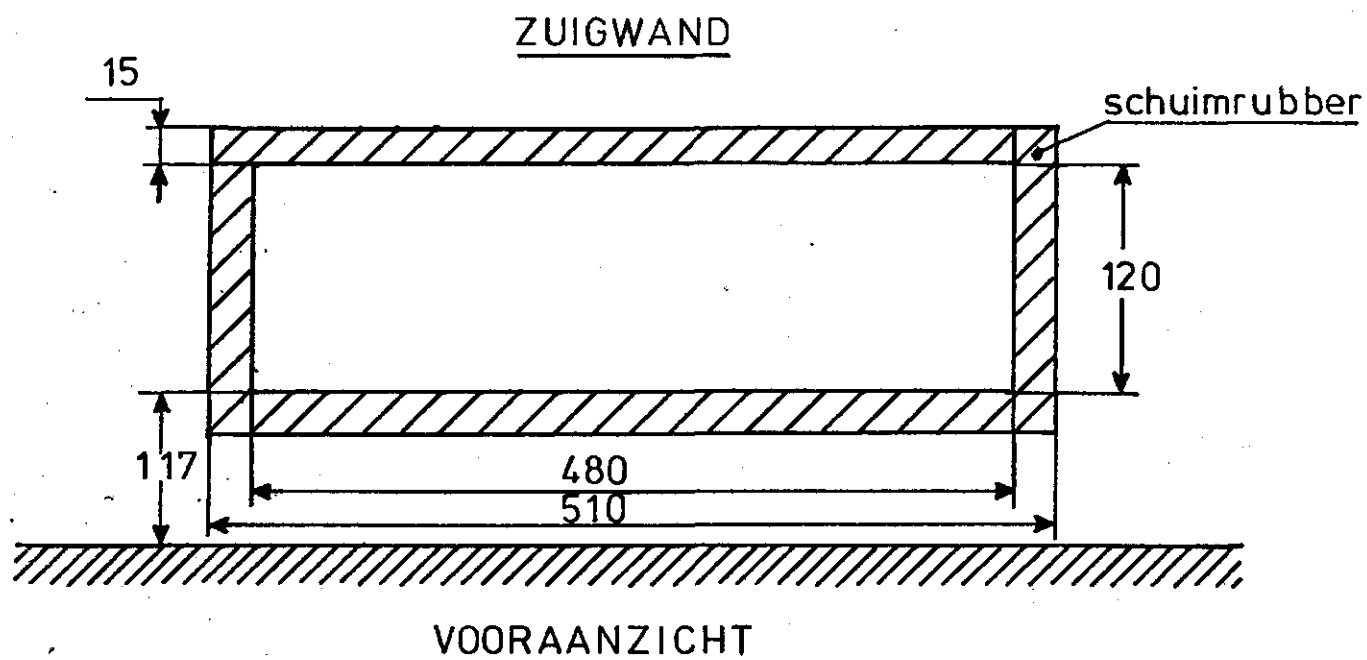
WV/MJ



Aanzicht van de zuigwand in de koelcel

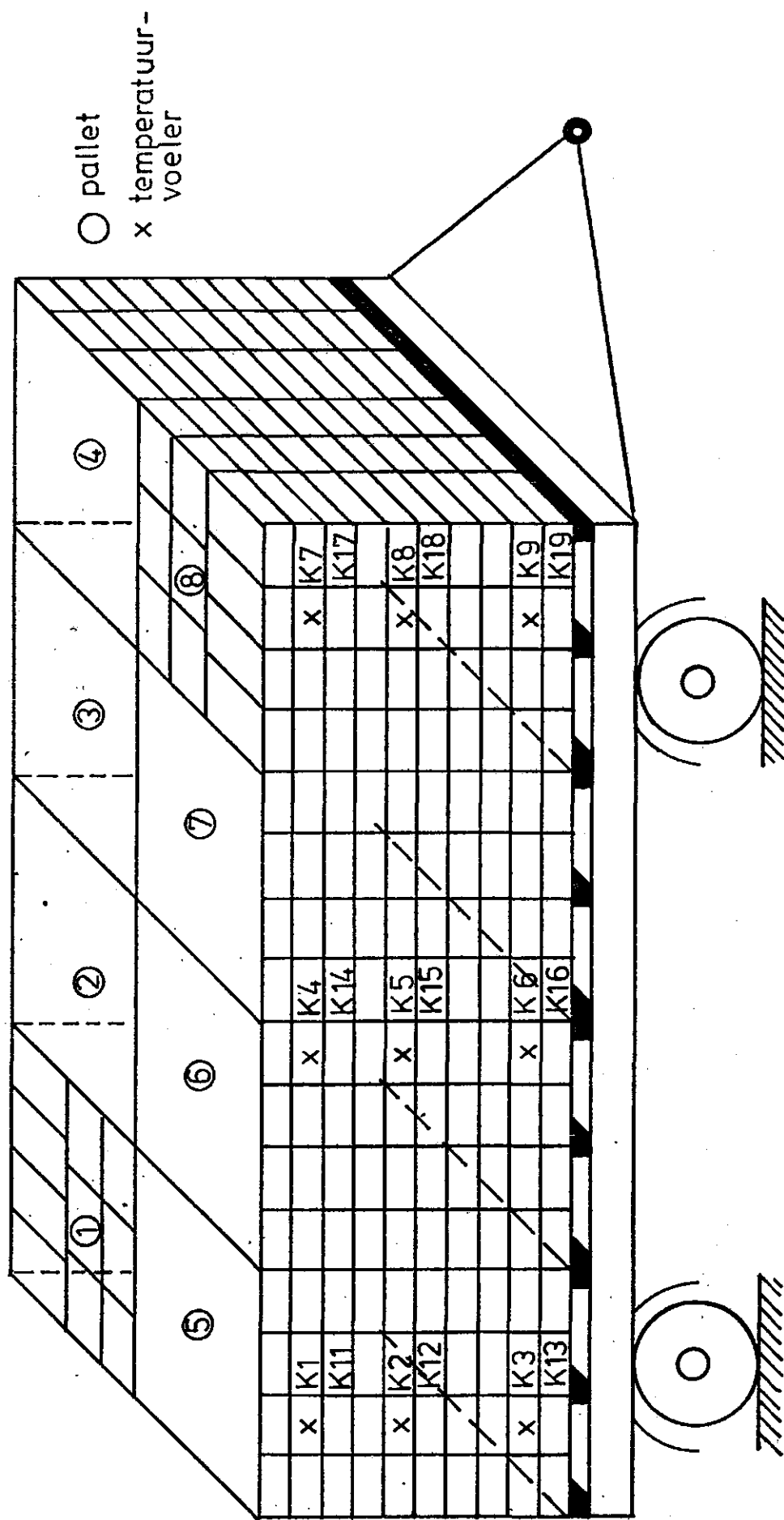


Verrijdbare eenheid met 8 pallets tomaten voor zuigwand



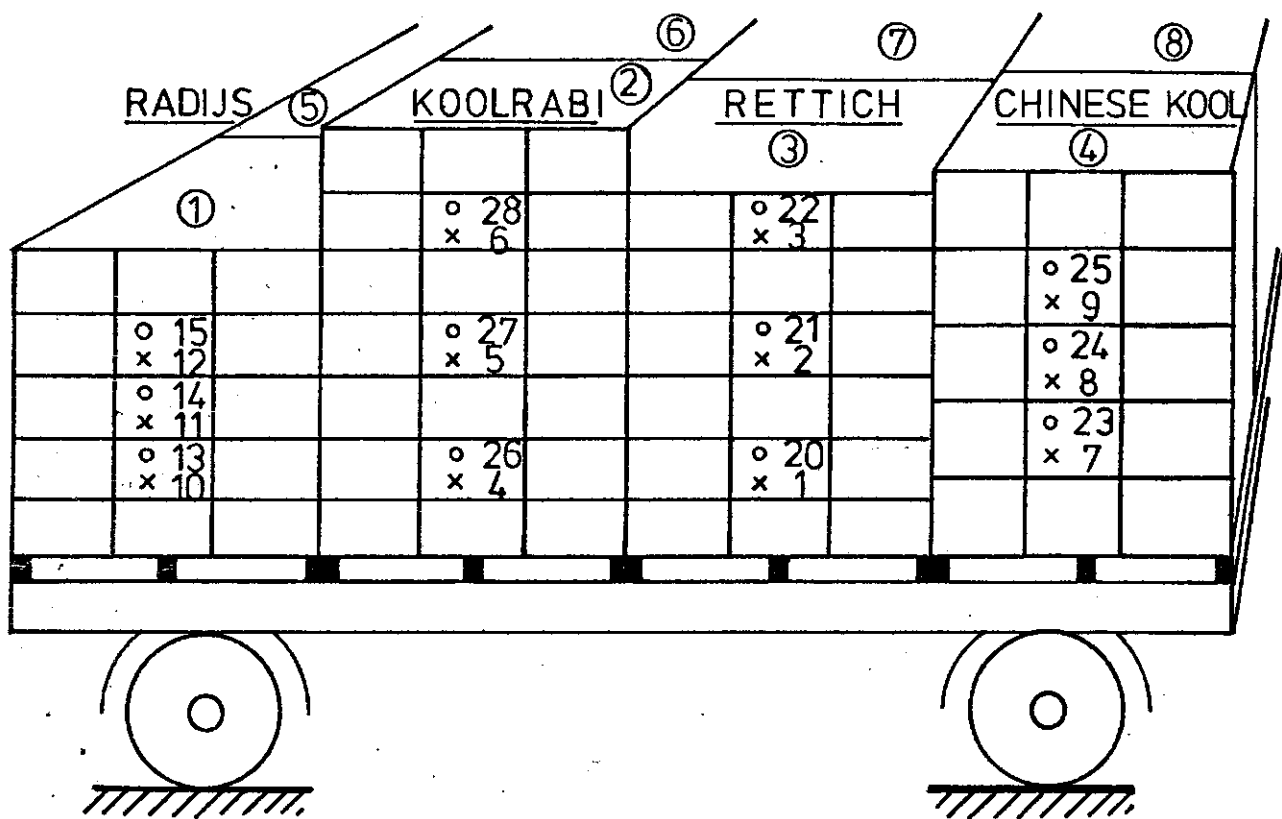
MATEN in cm.

FIG:1



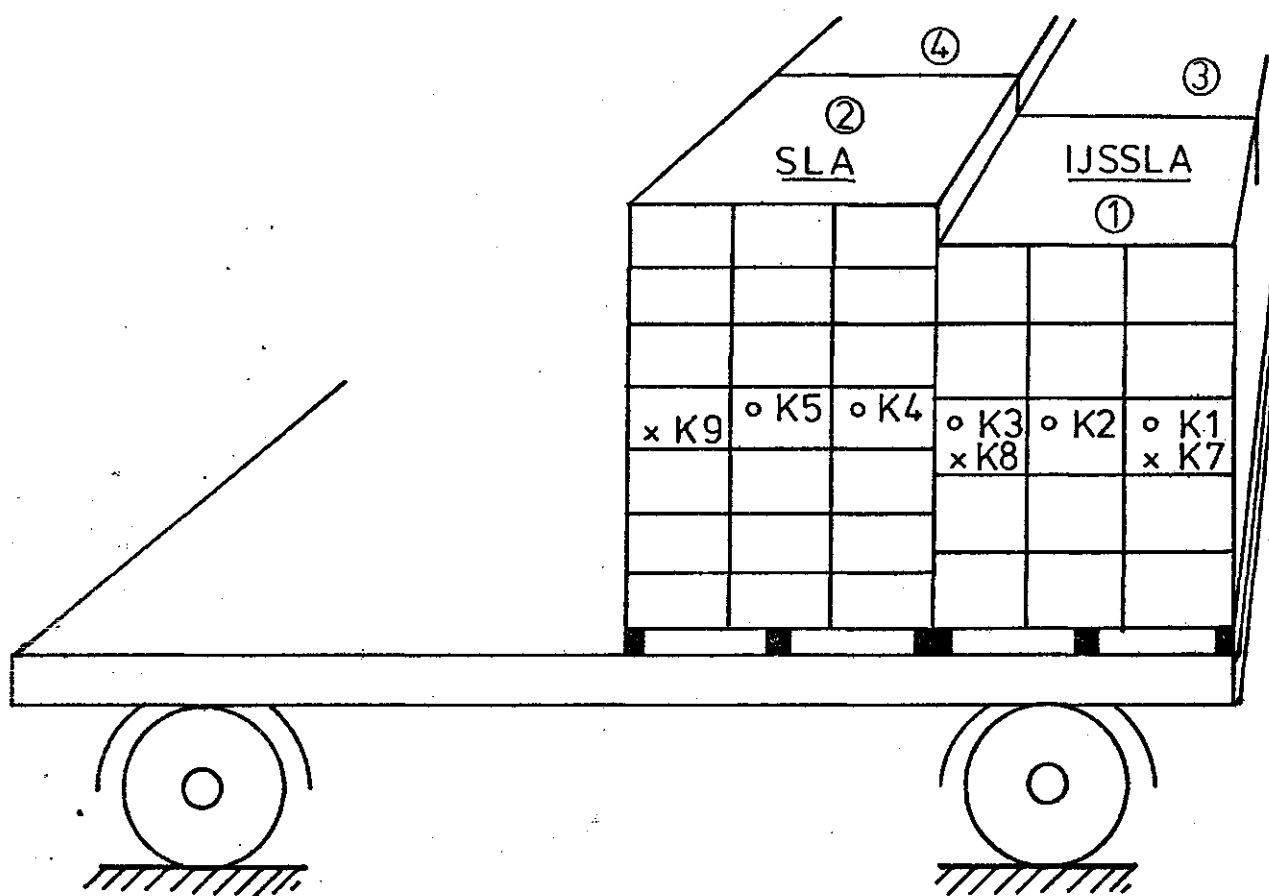
K1 - K9 achter (pallet 1-4)
K11- K19 voor. (pallet 5-8)

FIG: 2



- x temperatuurvoeler voorste pallet ①-④
- o temperatuurvoeler achterste pallet ⑤-⑧

FIG:3

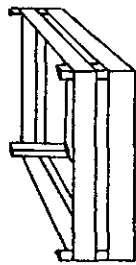


- × temperatuurvoeler pallet ① en ②
- temperatuurvoeler pallet ③ en ④

FIG: 4

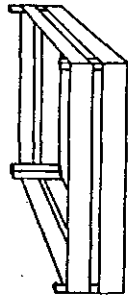
HOUTEN KRATJES

RADIUS



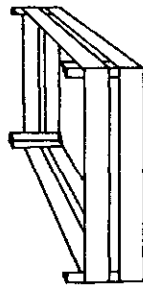
$l \times b \times h = 50 \times 40 \times 20 \text{ cm.}$

KROPSLA



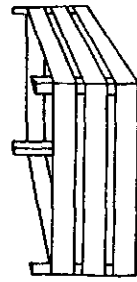
$l \times b \times h = 60 \times 40 \times 17 \text{ cm.}$

KOOLRABI, RETTICH



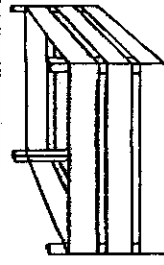
$l \times b \times h = 56 \times 40 \times 20 \text{ cm.}$

IJSSLA



$l \times b \times h = 50 \times 30 \times 27 \text{ cm.}$

CHINESE KOOL



$l \times b \times h = 50 \times 33 \times 30 \text{ cm.}$

UITWENDIGE AFMETINGEN

FIG: 4A

Temperatuur (°C)

25

20

15

10

5

0

PROEF 1
A - TOMATEN MET BLAASWAND

K14

gemiddelde

K 4

cellucht

Tijd (min.)

0

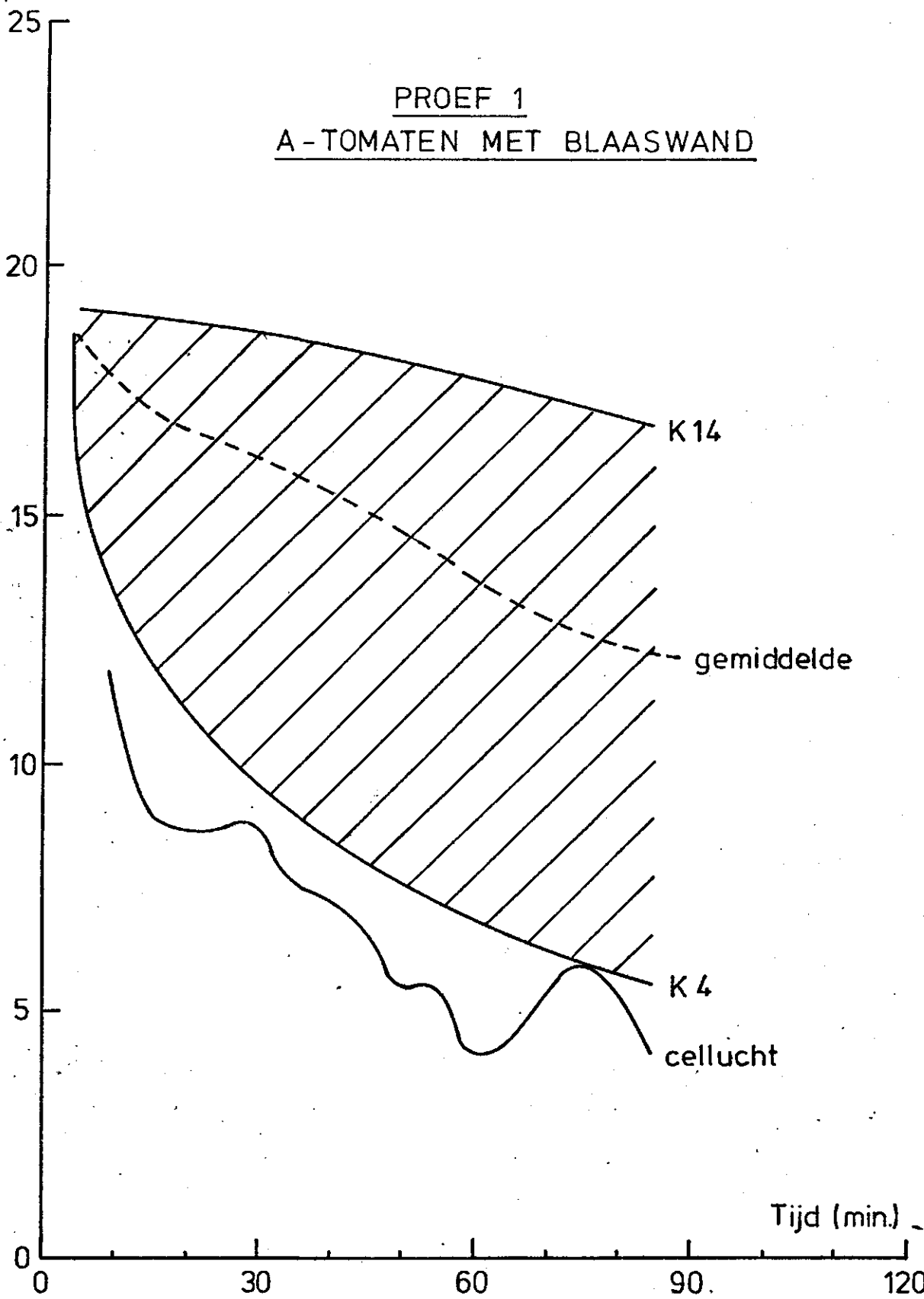
30

60

90

120

FIG:5



Temperatuur (°C)

25

PROEF 2

A - TOMATEN MET BLAASWAND

20

15

10

5

0

K 17

gemiddelde

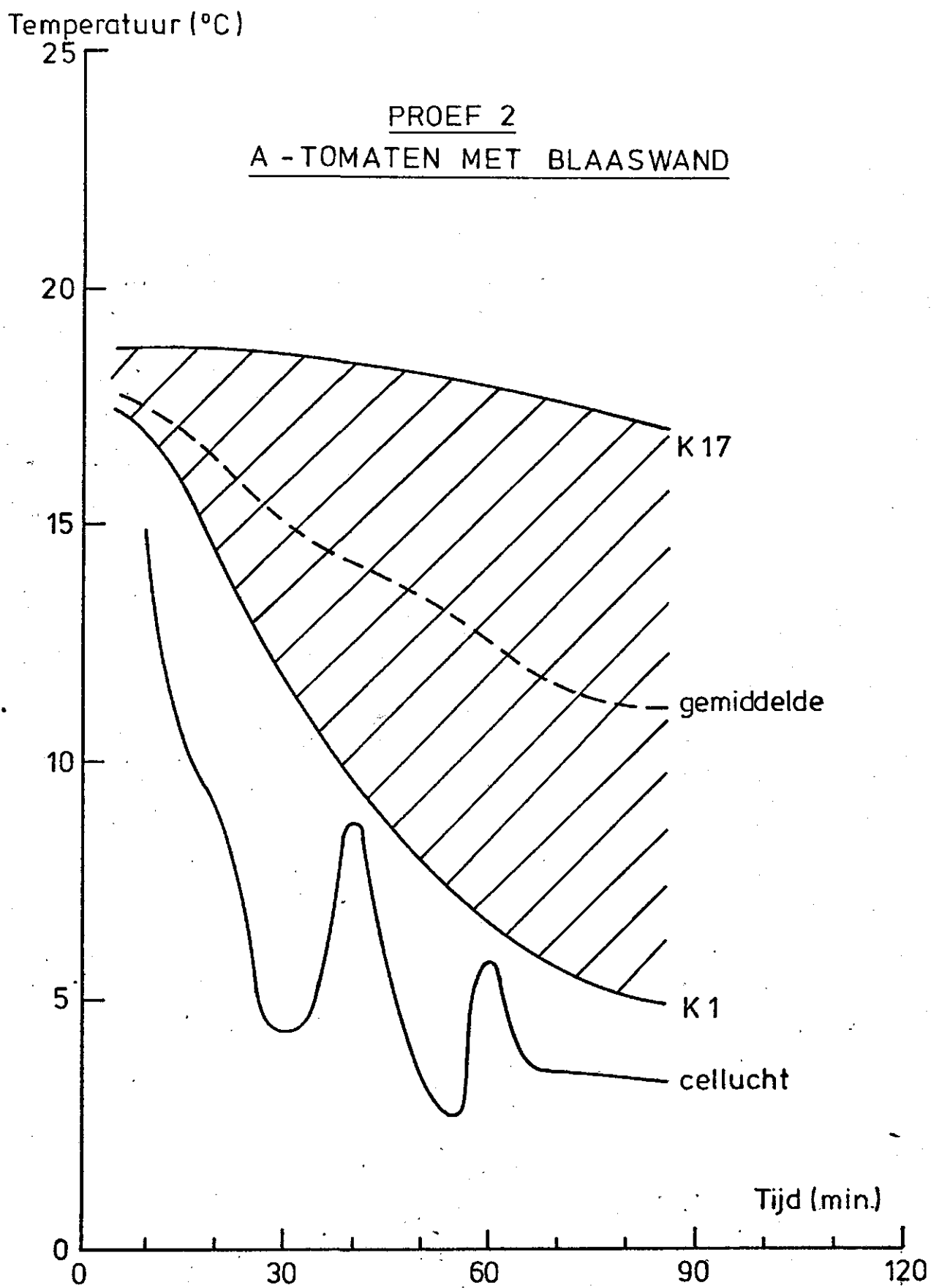
K 1

cellucht

Tijd (min.)

120

FIG: 6



Temperatuur (°C)

25

20

15

10

5

0

PROEF 3
A-TOMATEN MET BLAASWAND

K 13

gemiddelde

K 9
cellucht

Tijd (min.)

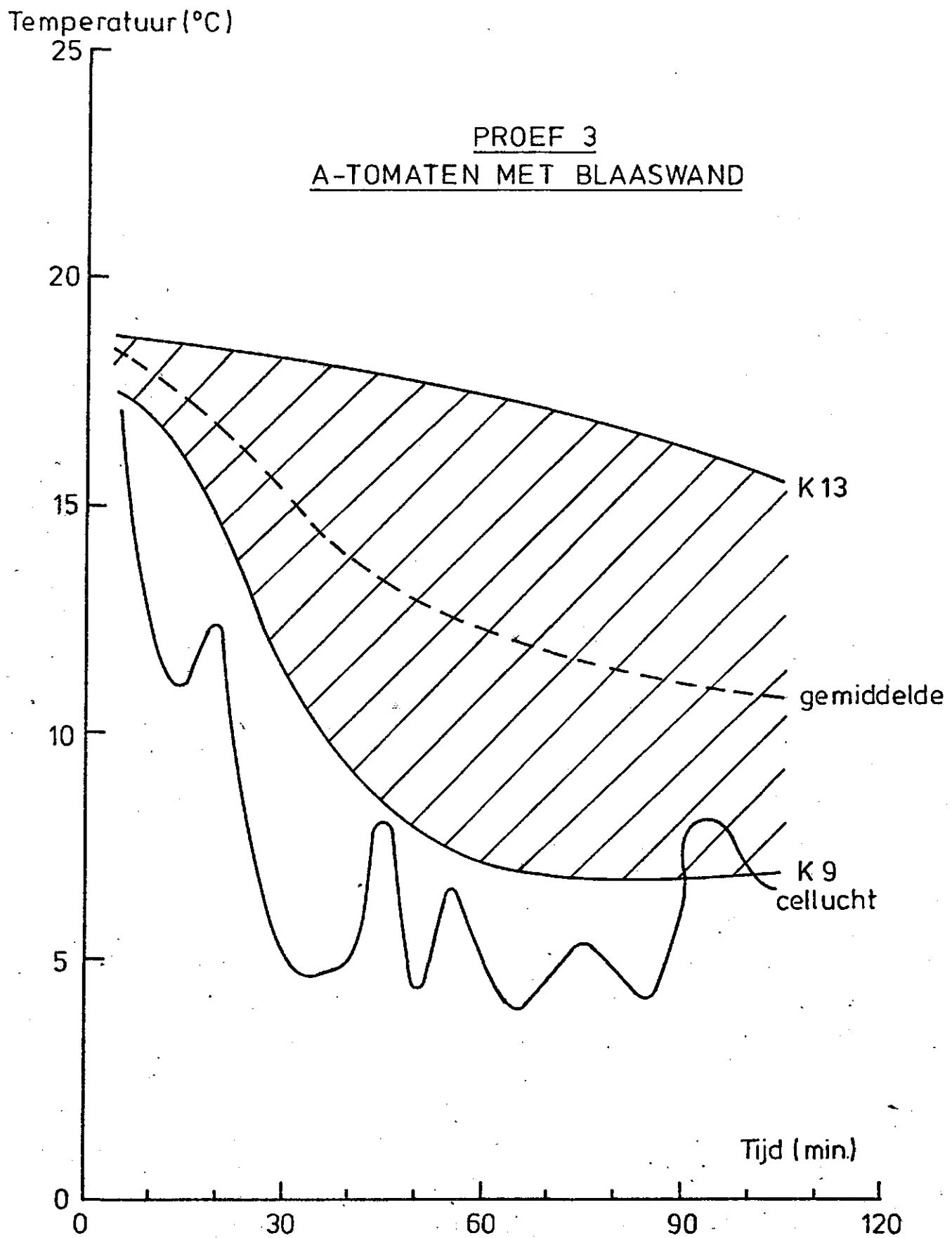
30

60

90

120

FIG: 7



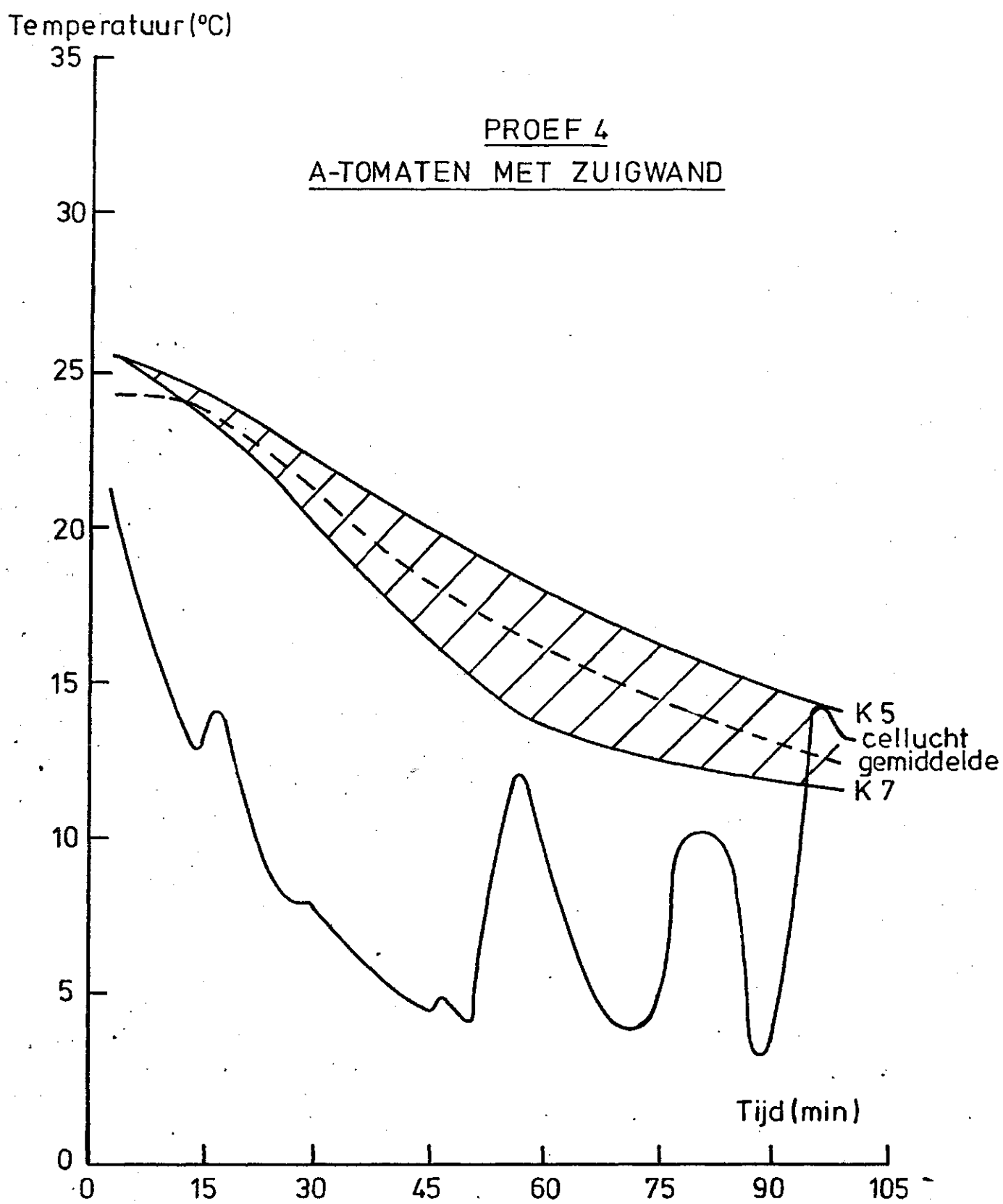


FIG:8

Temperatuur (°C)

PROEF 5
C-TOMATEN MET ZUIGWAND

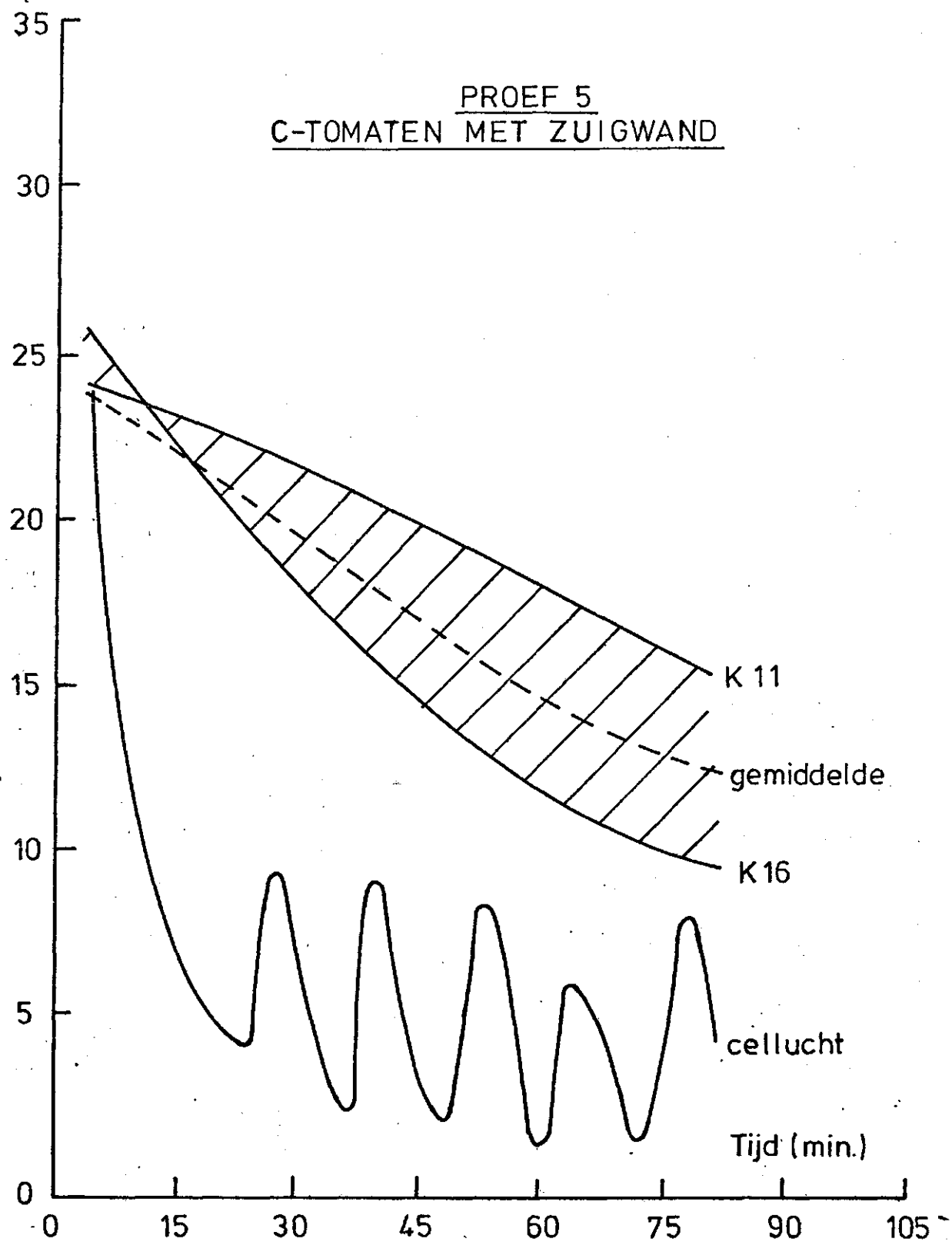


FIG : 9

Temperatuur (°C)

PROEF 6
C-TOMATEN MET ZUIGWAND

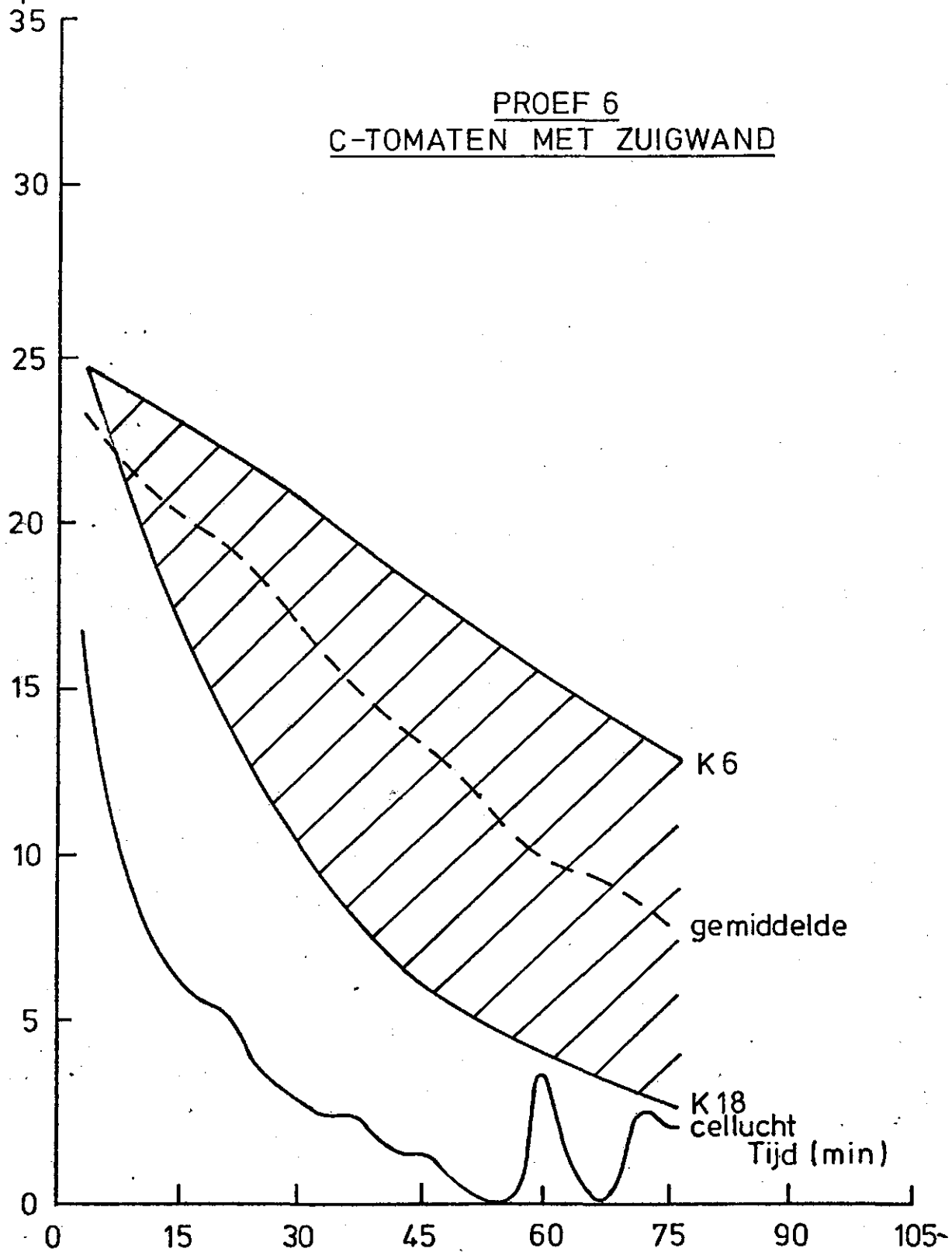


FIG:10

Temperatuur (°C)

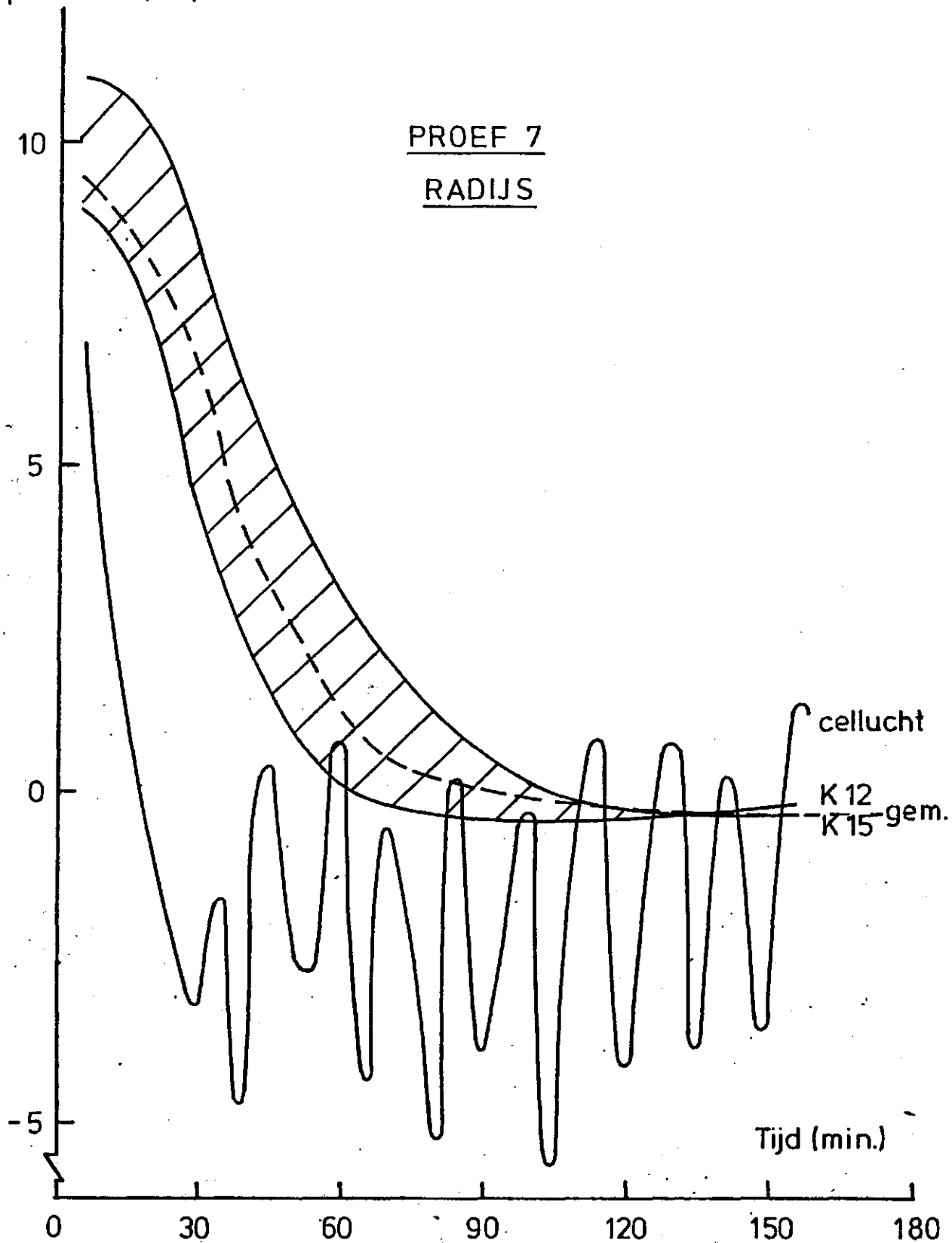


FIG:11

Temperatuur (°C)

PROEF 7
KOOLRABI

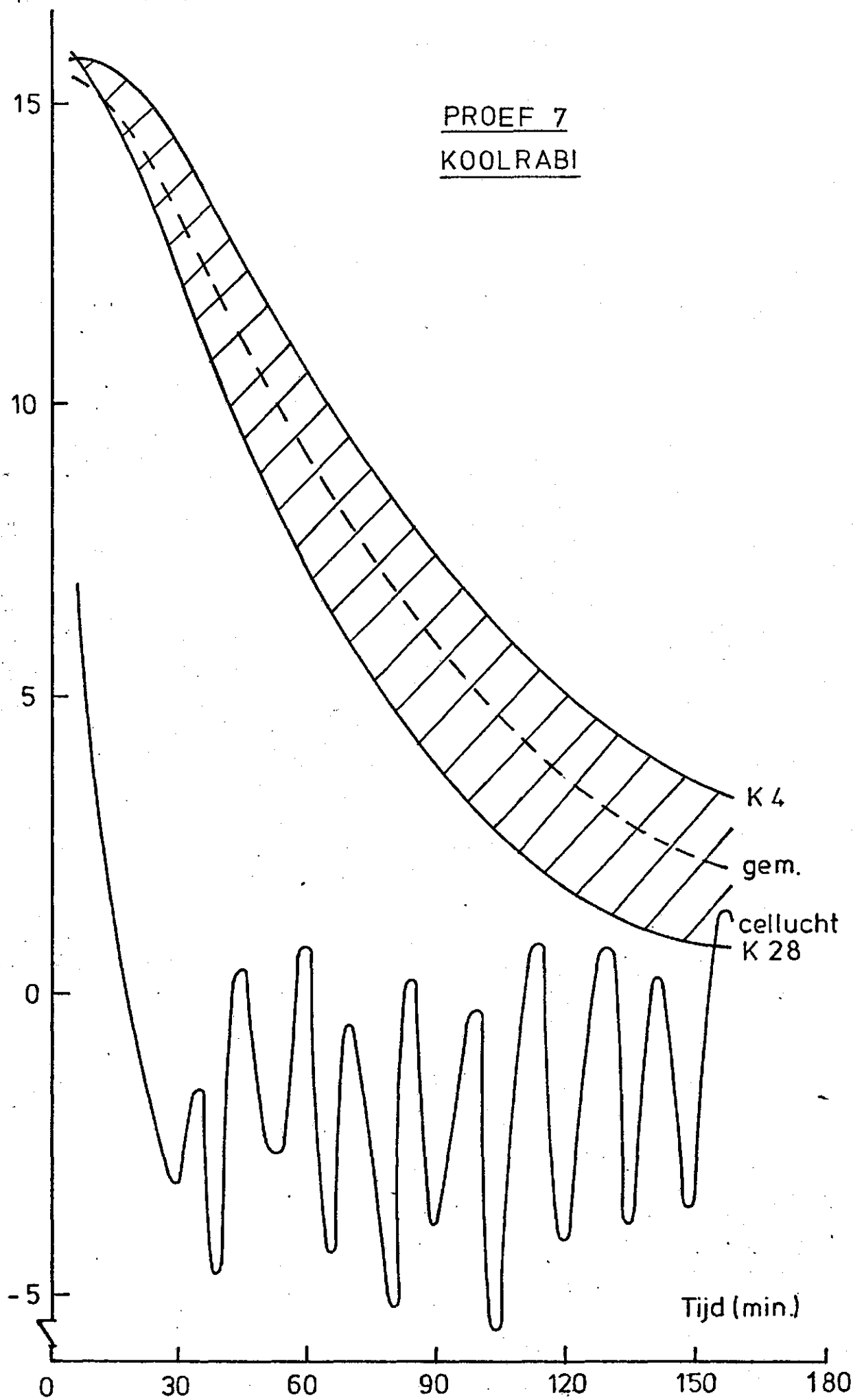


FIG:12

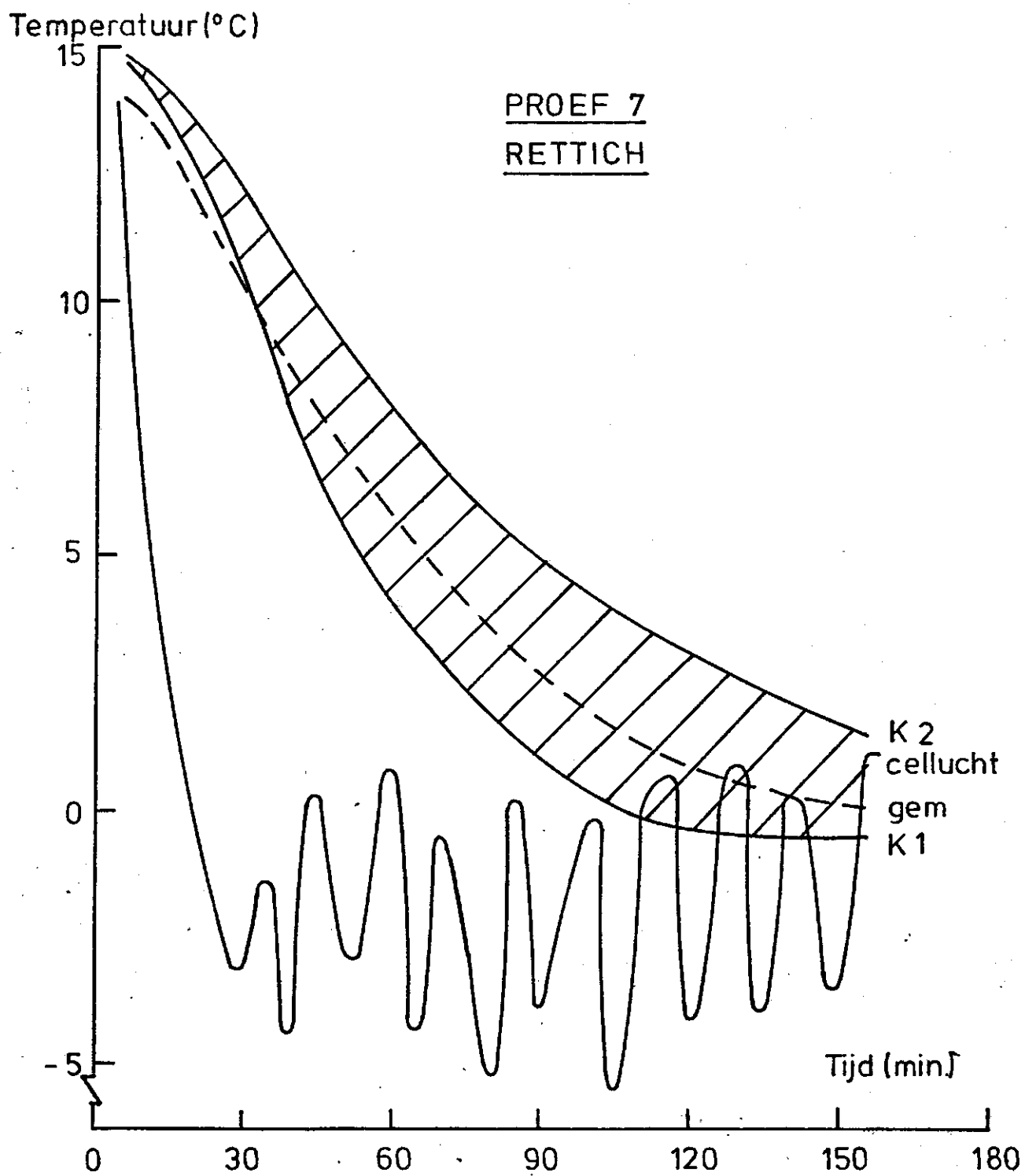


FIG:13

Temperatuur (°C)

PROEF 7
CHINESE KOOL

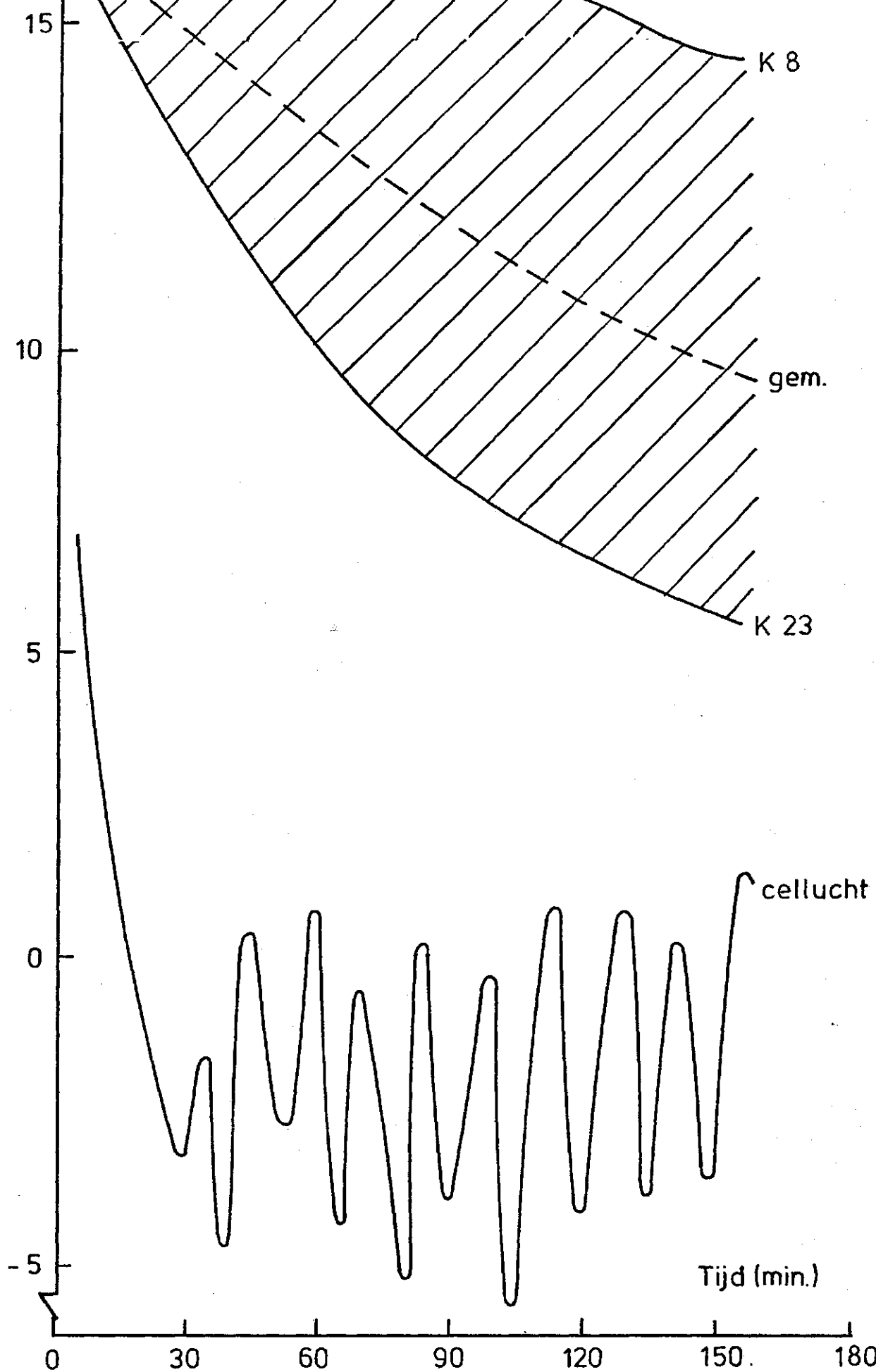


FIG:14

Temperatuur(°C)

PROEF 8

SLA

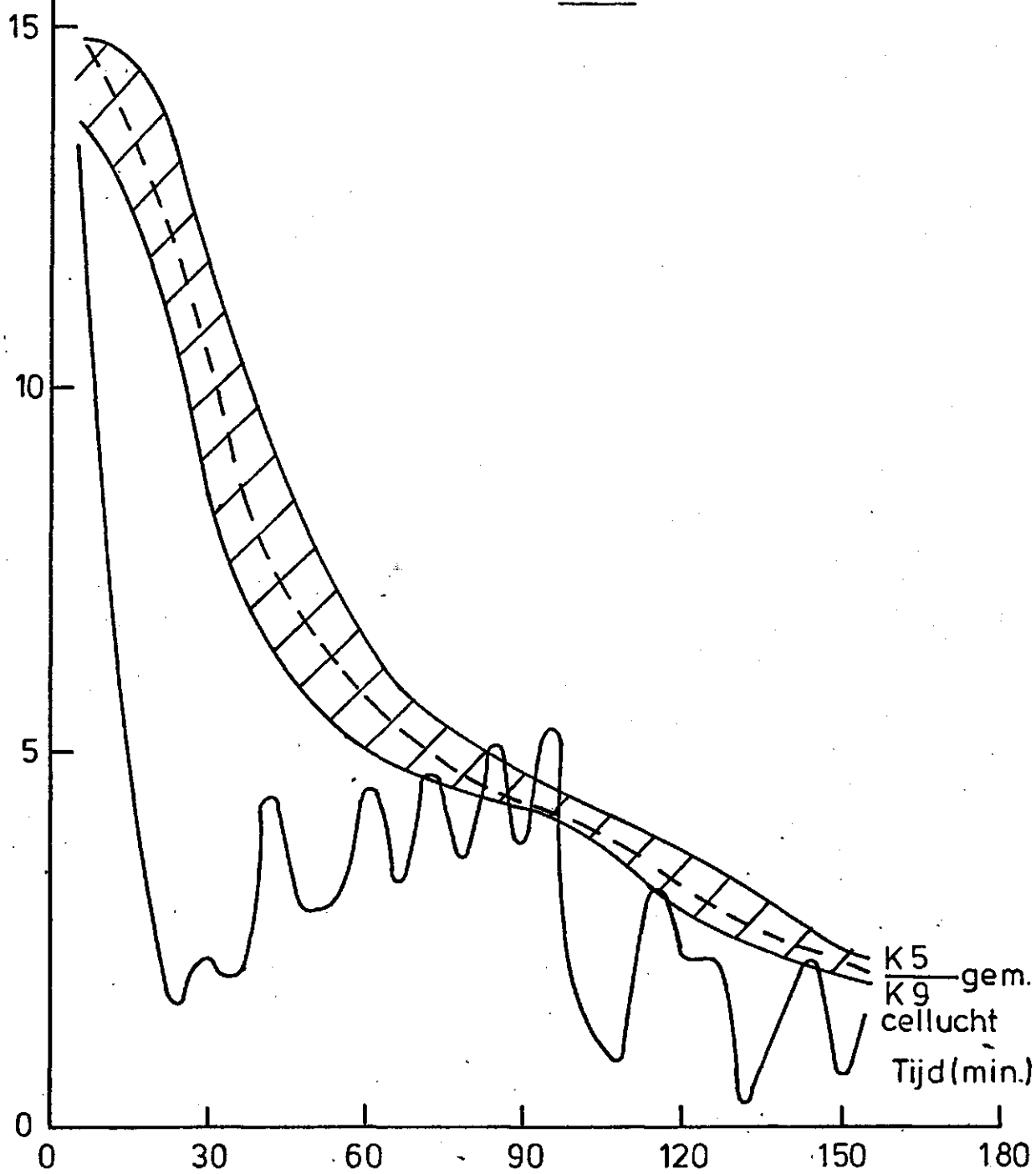


FIG:15

Temperatuur (°C)

15

PROEF 8

IJSSLA

10

5

0

K 7

gem.

K 2

cellucht

Tijd (min)

0

30

60

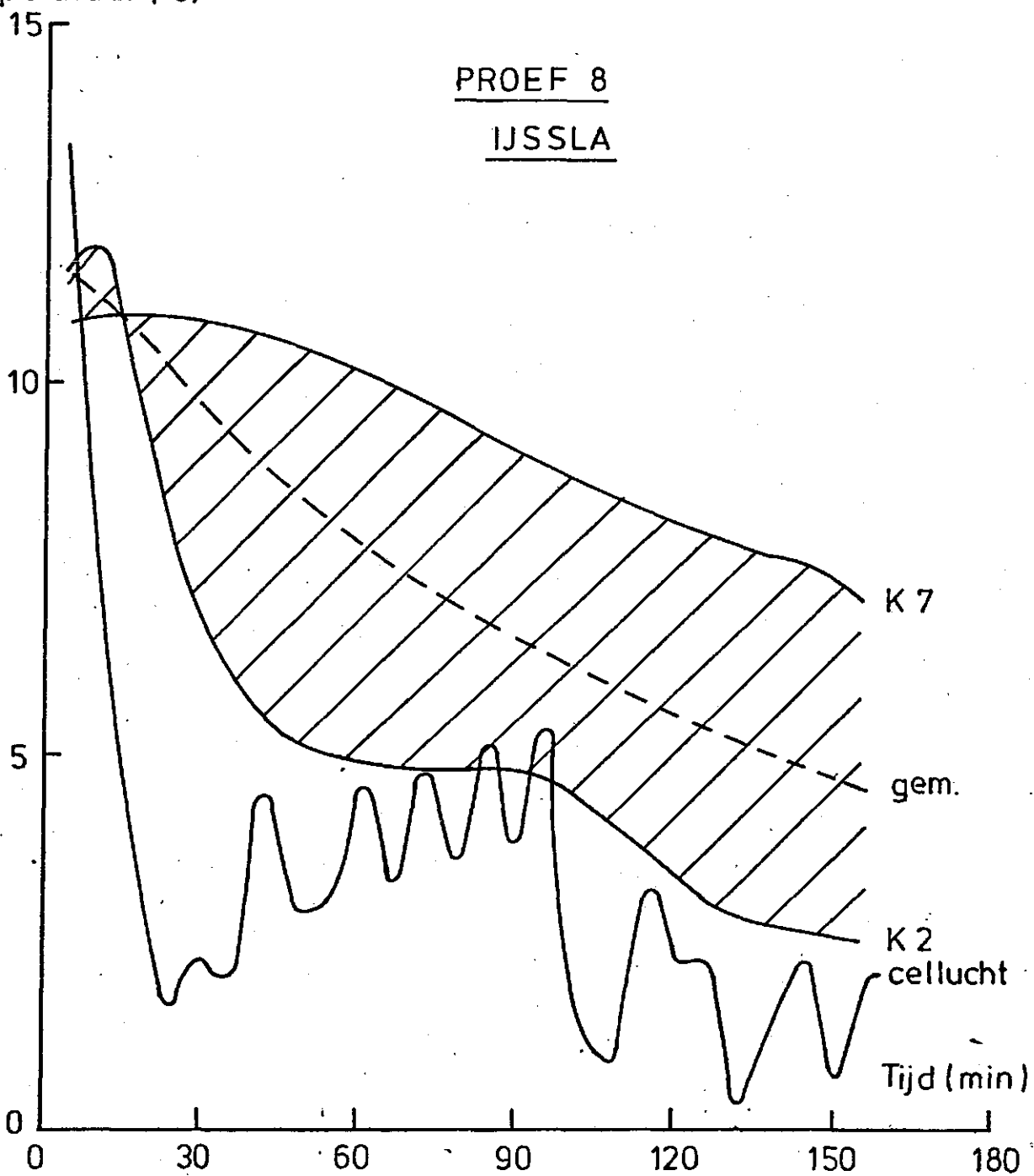
90

120

150

180

FIG:16



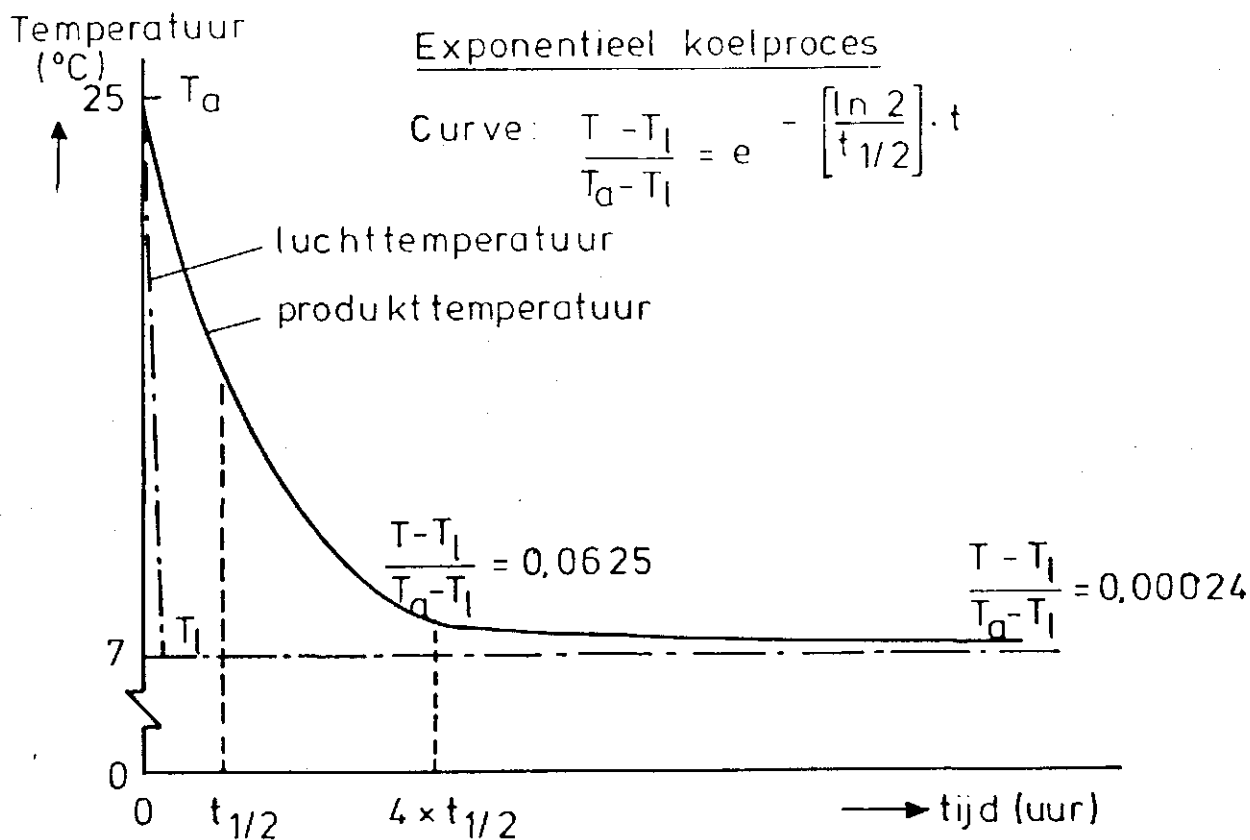


FIG:17

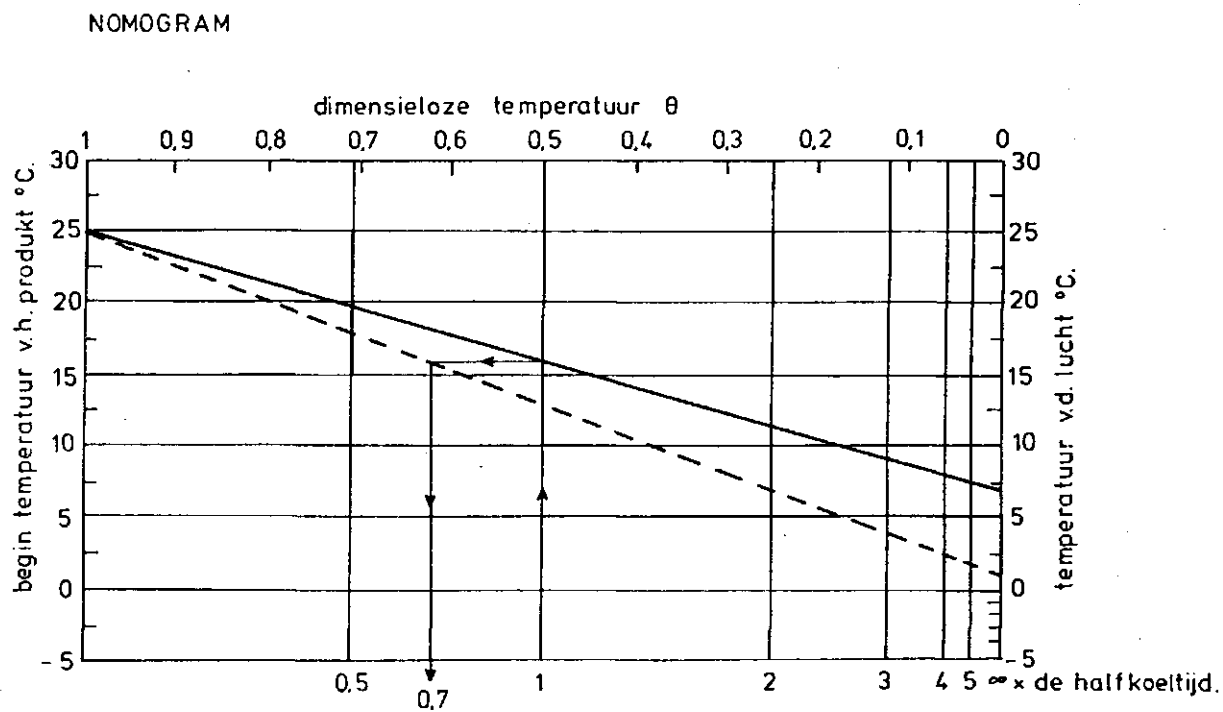
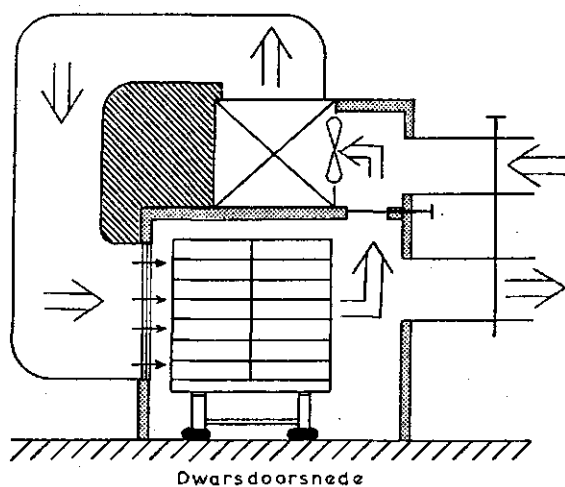
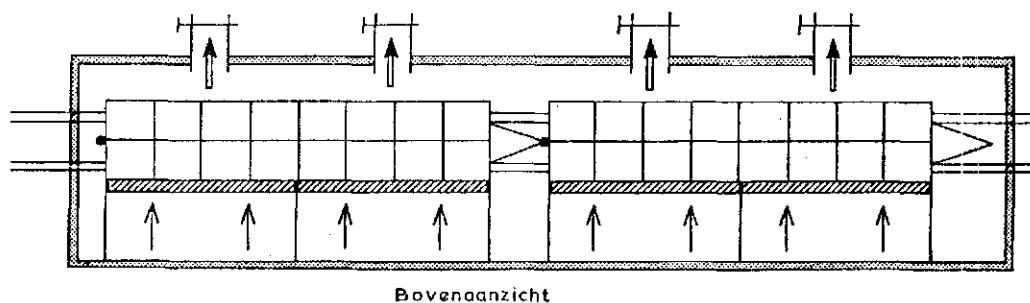


FIG:18



Schets van een voorkoeltunnel voorzien van 4 natte koelsystemen van $8000 \text{ m}^3/\text{h}$, op het dak van de tunnel

FIG:19

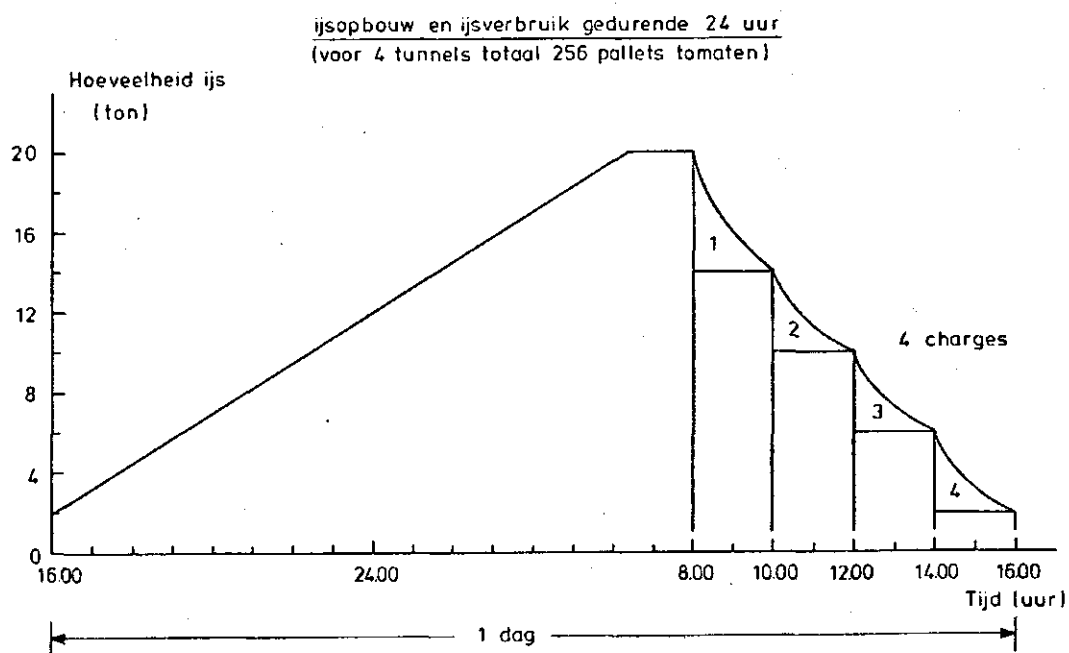


FIG:20

BIJLAGE 1

Gemeten temperatuurverloop van de temperatuurvoelers
tijdens de afkoeling.

Proeven 1 t/m 8

BIJLAGE : TABELLEN VAN PROEF 1

OBS.	1=	0 min
OBS.	2=	5 min.
OBS.	3=	10 min.
OBS.	4=	15 min.
OBS.	5=	20 min.
OBS.	6=	25 min.
OBS.	7=	30 min.
OBS.	8=	35 min.
OBS.	9=	40 min.
OBS.	10=	45 min.
OBS.	11=	50 min.
OBS.	12=	55 min.
OBS.	13=	60 min.
OBS.	14=	65 min.
OBS.	15=	70 min.
OBS.	16=	75 min.
OBS.	17=	80 min.

WESTERLEE(2*4 PALLETS)-PR.1-

PALLETS 1-4,CELLUCHT(BLAAS)

OBS	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	°C
1	18.2	18.5	18.7	18.4	18.2	18.2	18.8	18.5	18.4	20.2	
2	18.2	18.5	18.2	13.1	18.1	18.0	18.8	18.4	18.5	11.7	
3	17.8	18.1	15.4	11.4	16.8	17.1	18.3	18.1	18.3	9.0	
4	17.4	17.8	14.9	14.6	15.9	16.3	17.8	17.7	17.9	13.7	
5	16.9	17.5	15.3	13.6	15.6	15.8	17.5	17.3	17.6	13.3	
6	16.3	17.0	13.2	10.5	14.5	14.8	17.0	16.8	17.2	8.8	
7	15.6	16.5	12.0	9.7	13.4	13.7	16.4	16.3	16.8	7.6	
8	14.9	15.9	10.9	9.3	12.3	12.7	15.8	15.7	16.3	7.3	
9	14.2	15.3	10.3	8.8	11.5	11.8	15.1	15.0	15.7	6.7	
10	13.4	14.7	9.1	7.6	10.5	10.8	14.4	14.3	15.1	5.2	
11	12.7	14.1	8.4	7.3	9.6	9.9	13.7	13.7	14.4	5.4	
12	12.0	13.5	8.1	7.0	9.0	9.2	13.1	13.0	13.8	4.2	
13	11.4	13.0	7.6	6.7	8.3	8.5	12.5	12.4	13.3	4.7	
14	10.8	12.4	7.1	6.6	7.8	7.9	11.9	11.9	12.7	5.1	
15	10.3	11.9	6.7	6.9	7.4	7.5	11.5	11.4	12.3	5.9	
16	9.8	11.5	6.5	6.5	7.0	7.0	11.1	11.0	11.9	5.4	
17	9.4	11.0	6.0	5.6	6.7	6.6	10.7	10.6	11.5	4.2	

WESTERLEE(2*4 PALLETS)-PR.1-

PALLETS 5-8,CELLUCHT

OBS	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	°C
1	17.9	17.8	17.7	19.3	19.1	18.6	19.3	19.3	19.2	18.7	
2	17.9	17.8	17.6	19.3	19.1	18.6	19.2	19.2	19.1	17.6	
3	17.6	17.7	17.5	19.1	18.9	18.5	19.1	19.2	19.1	16.3	
4	17.5	17.6	17.5	19.1	18.8	18.5	19.1	19.1	19.1	17.0	
5	17.4	17.6	17.4	19.0	18.8	18.5	19.0	19.0	19.0	17.2	
6	17.1	17.4	17.3	18.8	18.5	18.4	18.9	18.9	18.9	15.3	
7	16.8	17.3	17.1	18.7	18.3	18.4	18.8	18.8	18.8	15.2	
8	16.6	17.2	17.0	18.5	18.2	18.3	18.7	18.7	18.7	14.7	
9	16.3	17.0	16.8	18.4	18.0	18.2	18.5	18.5	18.5	14.4	
10	16.0	16.8	16.6	18.1	17.8	18.1	18.3	18.4	18.4	13.7	
11	15.6	16.6	16.4	18.0	17.5	18.0	18.2	18.1	18.2	13.4	
12	15.3	16.4	16.2	17.8	17.3	17.8	18.0	18.0	18.0	13.4	
13	15.0	16.1	15.9	17.5	17.0	17.7	17.8	17.8	17.8	12.8	
14	14.7	15.9	15.7	17.4	16.8	17.6	17.7	17.6	17.7	12.4	
15	14.5	15.7	15.5	17.2	16.5	17.5	17.6	17.4	17.5	12.5	
16	14.3	15.5	15.3	17.0	16.3	17.4	17.4	17.2	17.4	12.1	
17	14.0	15.4	15.1	16.8	16.1	17.2	17.3	17.0	17.2	11.9	

BIJLAGE : TABELLEN VAN PROEF 2

OBS.	1=	0 min.
OBS.	2=	5 min.
OBS.	3=	10 min.
OBS.	4=	15 min.
OBS.	5=	20 min.
OBS.	6=	25 min.
OBS.	7=	30 min.
OBS.	8=	35 min.
OBS.	9=	40 min.
OBS.	10=	45 min.
OBS.	11=	50 min.
OBS.	12=	55 min.
OBS.	13=	60 min.
OBS.	14=	65 min.
OBS.	15=	70 min.
OBS.	16=	75 min.
OBS.	17=	80 min.

WESTERLEE(2*4 PALLETS)-PR.2-

PALLETS 1-4,CELLUCHT(BLAAS)

OBS	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	°C
1	17.8	17.6	17.5	17.7	17.6	17.3	17.0	16.8	17.2	12.1	
2	17.0	17.2	17.2	17.4	17.1	16.8	16.6	16.1	16.6	16.6	
3	16.1	16.6	16.8	17.0	16.7	16.3	16.1	15.5	15.9	10.3	
4	14.7	15.7	16.2	16.3	15.8	14.8	15.2	14.0	14.7	9.1	
5	13.2	14.6	15.6	15.5	14.7	13.3	14.3	12.9	13.5	5.9	
6	11.7	13.3	14.8	14.6	13.4	11.7	13.3	11.5	12.1	4.3	
7	10.3	12.1	14.0	13.7	12.1	10.3	12.3	10.3	10.7	5.6	
8	9.7	11.3	13.4	13.1	11.3	10.1	11.8	10.3	10.0	8.7	
9	9.1	10.6	12.9	12.6	10.6	9.3	11.2	9.6	9.4	5.0	
10	8.3	9.9	12.3	11.9	9.8	8.3	10.5	8.7	8.6	3.1	
11	7.5	9.1	11.7	11.3	9.0	7.4	9.8	7.9	7.8	2.5	
12	6.7	8.3	11.0	10.6	8.2	6.8	9.1	7.3	7.1	5.6	
13	6.2	7.7	10.5	10.1	7.6	6.3	8.5	6.8	6.5	3.5	
14	5.7	7.1	10.0	9.5	7.0	5.7	8.0	6.4	5.9	3.4	
15	5.4	6.6	9.5	9.1	6.5	5.4	7.6	6.2	5.6	3.4	
16	5.1	6.3	9.1	8.6	6.2	5.2	7.2	5.9	5.4	6.8	
17	5.2	6.1	8.8	8.4	6.0	5.3	7.0	6.0	5.4	3.2	

WESTERLEE(2*4 PALLETS)-PR.2 -

PALLETS 5-8,CELLUCHT

OBS	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	°C
1	19.0	18.7	18.7	18.3	17.8	18.0	19.0	18.6	18.3	17.1	
2	18.9	18.7	18.7	18.2	17.7	17.9	19.0	18.5	18.2	17.4	
3	18.8	18.5	18.5	18.1	17.4	17.8	18.8	18.2	18.1	16.3	
4	18.6	18.4	18.4	18.0	17.1	17.7	18.8	18.1	18.0	15.0	
5	18.4	18.2	18.3	17.8	16.8	17.5	18.7	17.8	17.8	14.4	
6	18.1	18.0	18.1	17.6	16.3	17.3	18.6	17.6	17.6	13.8	
7	17.9	17.8	18.1	17.5	15.9	17.2	18.5	17.3	17.5	13.5	
8	17.7	17.7	17.9	17.4	15.6	17.0	18.4	17.1	17.4	14.2	
9	17.5	17.4	17.8	17.2	15.2	16.9	18.2	16.9	17.2	13.3	
10	17.2	17.2	17.6	17.0	14.8	16.7	18.1	16.6	17.0	12.6	
11	17.0	17.0	17.5	16.8	14.4	16.6	17.9	16.3	16.8	12.0	
12	16.8	16.8	17.4	16.7	14.0	16.3	17.8	16.1	16.7	12.2	
13	16.6	16.6	17.2	16.4	13.6	16.1	17.7	15.8	16.4	11.6	
14	16.3	16.4	17.0	16.2	13.2	15.9	17.5	15.6	16.2	11.3	
15	16.0	16.2	16.9	16.0	12.8	15.7	17.4	15.3	16.0	11.1	
16	15.9	16.0	16.8	15.8	12.5	15.5	17.3	15.1	15.9	11.2	
17	15.7	15.8	16.7	15.7	12.2	15.4	17.1	14.9	15.7	10.9	

BIJLAGE : TABELLEN VAN PROEF 3

OBS.	1=	0 min
OBS.	2=	5 min.
OBS.	3=	10 min.
OBS.	4=	15 min.
OBS.	5=	20 min.
OBS.	6=	25 min.
OBS.	7=	30 min.
OBS.	8=	35 min.
OBS.	9=	40 min.
OBS.	10=	45 min.
OBS.	11=	50 min.
OBS.	12=	55 min.
OBS.	13=	60 min.
OBS.	14=	65 min.
OBS.	15=	70 min.
OBS.	16=	75 min.
OBS.	17=	80 min.
OBS.	18=	85 min.
OBS.	19=	90 min.
OBS.	20=	95 min.
OBS.	21=	100 min.

BLAASWAND WESTERLEE(2*4 PALLETS)-PR.3 -

PALLETS 1-4,CELLUCHT(BLAAS)

OBS	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	°C
1	17.5	17.4	17.4	19.0	18.5	18.0	17.8	17.3	17.7	20.6	
2	17.5	17.5	17.3	18.2	18.5	17.9	17.6	16.4	17.5	12.4	
3	17.1	17.0	16.9	16.4	17.9	17.1	16.1	14.1	15.9	10.9	
4	16.2	16.1	16.3	16.0	16.8	16.3	15.3	13.6	14.9	12.3	
5	15.0	15.1	15.5	14.4	15.6	15.2	13.5	10.6	13.0	7.2	
6	13.7	13.6	14.3	13.1	14.2	13.9	12.2	9.4	11.4	5.1	
7	12.3	12.2	13.1	12.0	12.8	12.8	11.0	8.3	10.1	4.7	
8	11.0	10.8	12.0	10.9	11.6	11.6	9.9	7.2	9.0	4.9	
9	9.9	9.7	11.1	10.4	10.5	10.7	9.4	7.7	8.4	7.9	
10	9.2	9.0	10.4	10.1	9.8	10.1	9.0	7.2	8.2	4.2	
11	8.6	8.5	9.8	9.3	9.3	9.5	8.4	6.9	7.6	6.4	
12	8.2	8.0	9.4	9.5	8.9	9.2	8.3	7.2	7.7	5.2	
13	7.8	7.7	8.9	8.7	8.4	8.6	7.8	6.3	7.1	3.8	
14	7.6	7.4	8.6	9.2	8.1	8.5	8.1	7.8	7.7	9.6	
15	7.4	7.4	8.4	8.5	8.0	8.2	7.4	5.9	7.0	5.2	
16	7.2	7.1	8.1	8.6	7.8	8.0	7.8	7.9	7.3	10.1	
17	6.9	7.0	7.8	8.1	7.5	7.7	7.5	7.0	7.1	4.1	
18	7.0	7.0	7.8	8.3	7.5	7.7	7.6	7.1	7.3	7.7	
19	7.0	7.0	7.7	8.2	7.5	7.6	8.7	9.5	8.6	8.1	
20	6.9	7.0	7.6	8.2	7.3	7.5	9.5	10.8	9.5	6.8	
21	7.0	7.1	7.6	8.1	7.4	7.4	9.9	11.0	10.1	6.7	

BLAASWAND WESTERLEE(2*4 PALLETS) - PR.3 -

PALLETS 5-8, CELLUCHT

OBS	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20	°C
1	19.0	18.9	18.7	17.9	18.0	18.1	18.4	18.0	17.9	19.6	
2	18.7	18.8	18.6	17.7	17.8	17.9	18.3	17.7	17.7	17.2	
3	18.5	18.6	18.4	17.6	17.5	17.6	18.1	17.5	17.4	15.7	
4	18.3	18.4	18.3	17.5	17.2	17.4	17.9	17.3	17.2	16.1	
5	18.0	18.1	18.1	17.3	16.8	17.0	17.7	17.0	16.8	14.5	
6	17.8	17.9	18.0	17.3	16.4	16.8	17.5	16.8	16.4	13.9	
7	17.7	17.7	17.8	17.1	15.9	16.5	17.4	16.6	16.0	13.4	
8	17.6	17.5	17.7	17.1	15.6	16.2	17.2	16.4	15.7	13.1	
9	17.4	17.3	17.6	16.9	15.3	16.0	17.1	16.2	15.4	13.1	
10	17.4	17.1	17.5	16.9	15.0	15.8	17.0	16.1	15.2	12.8	
11	17.2	16.8	17.3	16.8	14.6	15.5	16.9	15.8	14.9	12.4	
12	17.0	16.7	17.2	16.7	14.3	15.3	16.8	15.7	14.7	12.5	
13	16.8	16.4	17.0	16.5	14.0	15.0	16.6	15.5	14.3	11.7	
14	16.8	16.3	16.9	16.5	13.8	14.9	16.5	15.5	14.3	12.8	
15	16.6	16.0	16.7	16.3	13.5	14.7	16.3	15.1	14.0	11.5	
16	16.4	15.8	16.5	16.1	13.2	14.5	16.2	15.0	13.8	12.0	
17	16.3	15.7	16.4	16.1	13.0	14.3	16.1	14.9	13.6	11.1	
18	16.2	15.5	16.2	15.9	12.8	14.1	16.0	14.7	13.4	11.6	
19	16.1	10.2	12.8	15.8	12.6	10.8	16.0	14.6	13.4	11.9	
20	10.7	11.4	13.8	15.7	13.4	12.6	15.9	12.2	9.0	12.4	
21	12.5	12.1	15.6	11.8	14.6	13.5	13.8	13.4	11.6	12.9	

BIJLAGE : TABELLEN VAN PROEF 4

OBS.	1=	0 min.
OBS.	2=	3 min.
OBS.	3=	6 min.
OBS.	4=	9 min.
OBS.	5=	12 min.
OBS.	6=	15 min.
OBS.	7=	18 min.
OBS.	8=	21 min.
OBS.	9=	24 min.
OBS.	10=	27 min.
OBS.	11=	30 min.
OBS.	12=	33 min.
OBS.	13=	36 min.
OBS.	14=	39 min.
OBS.	15=	42 min.
OBS.	16=	45 min.
OBS.	17=	48 min.
OBS.	18=	51 min.
OBS.	19=	54 min.
OBS.	20=	57 min.
OBS.	21=	60 min.
OBS.	22=	63 min.
OBS.	23=	66 min.
OBS.	24=	69 min.
OBS.	25=	72 min.
OBS.	26=	75 min.
OBS.	27=	78 min.
OBS.	28=	81 min.
OBS.	29=	84 min.
OBS.	30=	87 min.
OBS.	31=	90 min.
OBS.	32=	93 min.
OBS.	33=	96 min.

ZUIGWAND WESTERLEE-PR.4 -

PALLETS 1-4, LUCHT ZUIGWAND

OBS	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
1	25.5	24.6	22.2	25.8	24.7	24.1	25.5	23.1	22.7	23.0
2	25.2	24.4	21.7	25.6	24.6	23.9	25.2	23.1	22.6	21.8
3	24.8	24.1	21.5	25.4	24.5	23.7	24.8	23.0	22.6	20.8
4	24.2	23.8	21.4	25.0	24.3	23.4	24.3	22.9	22.4	19.8
5	23.6	23.4	21.4	24.6	24.1	23.1	23.7	22.7	22.2	19.0
6	23.0	23.0	21.4	24.1	23.7	22.8	23.0	22.4	22.0	18.7
7	22.5	22.6	21.3	23.7	23.5	22.4	22.4	22.1	21.7	17.9
8	21.7	22.1	20.9	23.1	23.1	22.0	21.6	21.7	21.4	16.9
9	21.0	21.7	20.5	22.6	22.8	21.6	21.0	21.4	21.1	16.1
10	20.3	21.2	20.3	22.0	22.4	21.2	20.2	20.9	20.8	15.5
11	19.6	20.7	19.8	21.3	21.9	20.6	19.3	20.4	20.3	14.6
12	18.8	20.2	19.4	20.8	21.6	20.2	18.6	20.0	20.0	14.1
13	18.1	19.7	19.0	20.1	21.1	19.6	17.9	19.4	19.5	13.4
14	17.4	19.1	18.4	19.4	20.6	19.1	17.1	18.9	19.1	12.8
15	16.8	18.6	18.1	18.8	20.2	18.6	16.4	18.4	18.6	12.2
16	16.1	18.1	17.7	18.3	19.7	18.1	15.7	17.9	18.2	11.8
17	15.4	17.6	17.1	17.7	19.2	17.6	15.0	17.4	17.8	11.2
18	14.8	17.1	17.0	17.1	18.7	17.0	14.4	16.9	17.3	12.3
19	14.6	16.8	17.0	16.7	18.4	16.6	14.0	16.4	16.9	13.5
20	14.5	16.6	16.8	16.4	18.0	16.2	13.8	16.0	16.7	13.6
21	14.3	16.2	16.3	16.1	17.7	15.8	13.6	15.7	16.3	12.4
22	14.0	15.9	15.8	15.8	17.3	15.6	13.4	15.4	16.0	11.6
23	13.6	15.5	15.5	15.4	17.0	15.3	13.2	15.2	15.7	11.5
24	13.3	15.0	15.2	15.0	16.7	14.9	12.9	14.9	15.5	11.0
25	12.9	14.6	14.8	14.6	16.4	14.5	12.5	14.6	15.2	10.6
26	12.5	14.1	14.7	14.3	16.0	14.0	12.2	14.2	14.9	11.3
27	12.4	13.9	14.7	14.1	15.7	13.7	12.1	14.0	14.8	12.0
28	12.3	13.6	14.4	13.9	15.3	13.4	12.0	13.6	14.7	12.1
29	12.2	13.4	14.0	13.7	15.1	13.2	11.9	13.5	14.5	11.2
30	12.0	13.1	13.6	13.5	14.8	13.0	11.8	13.3	14.4	10.3
31	11.7	12.7	13.4	13.3	14.5	12.8	11.7	13.1	14.2	10.4
32	11.6	12.6	13.8	13.2	14.3	12.6	11.8	13.0	14.3	12.4
33	11.7	12.6	13.8	13.1	14.0	12.4	11.8	12.8	14.1	13.5

°C

ZUIGWAND WESTERLEE-PR.4 -

PALLETS 5-8,CELLUCHT

OBS	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
1	25.9	22.0	24.5	24.9	23.8	22.9	24.6	24.9	25.9	21.0
2	25.7	20.9	24.5	24.6	23.5	22.6	24.4	24.7	25.6	17.1
3	25.5	20.3	24.3	24.2	23.1	21.9	24.1	24.3	25.2	16.2
4	25.0	19.5	24.1	23.8	22.6	21.1	23.7	23.9	24.8	13.4
5	24.5	19.0	23.8	23.3	22.1	20.3	23.4	23.3	24.2	12.8
6	24.1	18.7	23.3	22.9	21.7	19.7	23.0	22.7	23.7	13.8
7	23.6	17.8	22.9	22.4	21.2	19.0	22.6	22.1	23.0	11.0
8	23.0	16.9	22.4	21.9	20.6	18.2	22.2	21.4	22.4	9.1
9	22.4	16.0	21.9	21.3	20.0	17.4	21.7	20.7	21.7	7.9
10	21.8	15.5	21.3	20.7	19.4	16.6	21.3	20.0	21.1	7.9
11	21.2	14.6	20.7	20.1	18.8	15.7	20.7	19.2	20.3	6.6
12	20.5	14.0	20.1	19.4	18.1	14.9	20.2	18.4	19.6	6.1
13	19.9	13.2	19.5	18.9	17.6	14.2	19.7	17.8	18.9	5.6
14	19.3	12.6	18.9	18.3	17.0	13.4	19.2	17.0	18.2	5.3
15	18.6	12.0	18.2	17.7	16.4	12.7	18.6	16.3	17.6	4.6
16	18.0	11.4	17.7	17.1	15.8	12.1	18.1	15.5	17.0	4.7
17	17.4	10.8	17.1	16.5	15.2	11.4	17.6	14.8	16.3	4.1
18	16.9	11.8	16.5	16.1	14.8	11.2	17.2	14.2	15.7	8.7
19	16.4	12.6	16.0	15.9	14.6	11.4	16.9	13.7	15.3	11.9
20	16.2	12.1	15.6	15.7	14.5	11.7	16.7	13.5	15.0	10.6
21	15.9	11.4	15.3	15.3	14.2	11.5	16.3	13.2	14.7	8.4
22	15.5	10.8	14.9	14.8	13.8	11.1	15.9	13.0	14.3	6.6
23	15.3	9.9	14.7	14.5	13.4	10.8	15.5	12.7	14.0	4.6
24	14.9	9.4	14.3	14.2	13.0	10.4	15.0	12.4	13.6	4.0
25	14.6	9.1	13.8	14.0	12.8	10.1	14.8	12.0	13.4	4.2
26	14.3	9.9	13.4	13.9	12.6	9.9	14.5	11.8	13.2	7.5
27	14.1	10.5	13.0	13.7	12.4	10.0	14.3	11.6	13.1	10.1
28	13.8	10.3	12.8	13.6	12.3	10.2	14.2	11.5	13.0	9.3
29	13.6	9.2	12.6	13.4	12.2	10.0	13.9	11.4	12.8	5.6
30	13.4	8.4	12.3	13.1	11.9	9.5	13.6	11.2	12.7	3.0
31	13.2	9.2	12.2	13.0	11.6	9.4	13.5	11.1	12.6	7.8
32	13.1	11.0	11.9	13.1	11.6	9.8	13.4	11.0	12.6	14.1
33	13.0	10.7	11.7	13.1	11.6	10.3	13.3	11.0	12.5	13.0

°C

BIJLAGE : TABELLEN VAN PROEF 5

OBS.	1=	0 min.
OBS.	2=	3 min.
OBS.	3=	6 min.
OBS.	4=	9 min.
OBS.	5=	12 min.
OBS.	6=	15 min.
OBS.	7=	18 min.
OBS.	8=	21 min.
OBS.	9=	24 min.
OBS.	10=	27 min.
OBS.	11=	30 min.
OBS.	12=	33 min.
OBS.	13=	36 min.
OBS.	14=	39 min.
OBS.	15=	42 min.
OBS.	16=	45 min.
OBS.	17=	48 min.
OBS.	18=	51 min.
OBS.	19=	54 min.
OBS.	20=	57 min.
OBS.	21=	60 min.
OBS.	22=	63 min.
OBS.	23=	66 min.
OBS.	24=	69 min.
OBS.	25=	72 min.
OBS.	26=	75 min.
OBS.	27=	78 min.

ZUIGWAND WESTERLEE-PR.5-

PALLETS 5-8,CELLUCHT

OBS	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
1	24.0	26.2	25.0	25.3	24.9	25.8	25.5	25.2	26.1	23.7
2	23.9	25.9	23.6	24.1	23.9	25.1	25.1	24.2	25.8	16.9
3	23.8	25.6	22.5	23.2	23.0	24.4	24.7	23.6	25.5	11.6
4	23.6	25.3	21.1	22.2	21.9	23.5	24.2	22.8	25.0	8.1
5	23.4	24.9	19.6	21.0	20.6	22.5	23.6	21.8	24.5	6.0
6	23.0	24.5	18.3	20.0	19.4	21.4	23.0	21.0	23.9	5.2
7	22.7	24.0	17.0	19.1	18.2	20.4	22.3	20.1	23.3	4.3
8	22.4	23.5	15.8	18.1	17.0	19.5	21.7	19.3	22.7	4.2
9	22.0	23.1	15.3	17.8	16.2	18.8	21.2	18.8	22.1	9.2
10	21.7	22.7	14.6	17.1	15.4	18.0	20.7	18.2	21.6	5.7
11	21.3	22.1	13.7	16.2	14.3	17.2	20.1	17.5	20.9	3.4
12	20.9	21.6	12.7	15.3	13.4	16.4	19.5	16.7	20.3	2.2
13	20.5	21.2	12.4	15.1	12.8	15.9	19.1	16.3	19.8	9.9
14	20.1	20.7	12.0	14.5	12.2	15.3	18.6	15.7	19.2	5.5
15	19.8	20.2	11.3	13.8	11.6	14.6	18.1	15.1	18.7	3.0
16	19.3	19.7	10.5	12.9	10.8	13.9	17.6	14.5	18.0	2.0
17	19.0	19.3	10.4	12.8	10.4	13.5	17.1	14.1	17.5	8.1
18	18.6	19.0	10.5	12.6	10.2	13.2	16.9	13.8	17.1	8.3
19	18.2	18.5	9.8	11.9	9.7	12.7	16.4	13.3	16.6	3.7
20	17.9	18.0	9.1	11.2	9.1	12.0	15.9	12.8	16.0	1.1
21	17.4	17.7	8.8	10.9	8.7	11.6	15.5	12.4	15.5	6.0
22	17.1	17.2	8.9	10.8	8.6	11.4	15.2	12.1	15.1	7.8
23	16.7	16.8	8.7	10.4	8.3	11.0	14.8	11.9	14.7	4.3
24	16.4	16.4	8.1	9.8	7.9	10.6	14.4	11.4	14.2	1.4
25	16.0	16.0	7.7	9.4	7.5	10.2	14.0	10.9	13.7	4.1
26	15.6	15.6	7.8	9.4	7.4	9.9	13.7	10.7	13.3	7.9
27	15.3	15.3	7.8	9.2	7.3	9.7	13.4	10.5	13.0	4.5

°C

ZUIGWAND WESTERLEE-PR.5-

PALLETS 1-4,LUCHT ZUIGWAND

OBS	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	°C
1	24.2	22.7	24.4	21.1	23.9	23.7	23.8	23.2	14.3	25.4	
2	24.1	22.8	24.3	21.4	23.8	23.6	23.6	23.0	22.1	20.3	
3	23.9	23.0	24.0	20.6	23.5	23.4	23.3	22.8	20.9	17.1	
4	23.5	23.0	23.5	19.8	23.1	23.1	23.0	22.6	19.7	14.7	
5	23.0	22.9	23.0	19.4	22.6	22.7	22.7	22.4	18.5	13.1	
6	22.4	22.7	22.4	19.2	22.0	22.3	22.2	22.2	17.7	11.4	
7	21.8	22.4	21.7	19.1	21.4	21.8	21.8	22.0	16.9	10.2	
8	21.3	22.1	21.0	19.2	20.8	21.4	21.4	21.8	16.2	9.5	
9	20.8	21.8	20.5	19.6	20.3	20.9	21.0	21.7	16.9	11.7	
10	20.3	21.5	20.0	19.3	20.0	20.5	20.7	21.6	16.1	9.8	
11	19.9	21.1	19.3	19.0	19.5	20.1	20.3	21.3	15.1	8.3	
12	19.4	20.8	18.7	18.7	19.0	19.7	19.9	21.1	14.2	7.1	
13	18.9	20.4	18.1	18.9	18.4	19.2	19.5	20.8	15.0	9.9	
14	18.5	20.1	17.7	18.6	18.1	18.8	19.1	20.5	14.5	8.2	
15	18.0	19.8	17.1	18.1	17.6	18.3	18.7	20.2	13.4	6.9	
16	17.5	19.4	16.5	17.7	17.1	17.8	18.3	19.9	12.4	5.9	
17	17.0	19.1	16.1	17.6	16.7	17.5	17.9	19.7	13.5	8.6	
18	16.7	18.7	15.6	17.4	16.3	17.1	17.5	19.4	13.6	8.9	
19	16.3	18.3	15.1	16.8	15.9	16.7	17.1	19.1	12.3	6.6	
20	15.8	18.0	14.6	16.3	15.5	16.2	16.8	18.7	11.2	4.6	
21	15.3	17.6	14.2	16.1	15.0	15.7	16.3	18.4	11.6	6.9	
22	15.0	17.3	13.8	15.9	14.7	15.4	15.9	18.1	12.1	7.9	
23	14.6	16.9	13.3	15.5	14.3	14.9	15.6	17.8	11.3	6.2	
24	14.3	16.6	13.0	15.0	14.0	14.6	15.2	17.4	10.2	4.7	
25	13.7	16.2	12.5	14.6	13.5	14.1	14.8	17.1	10.1	5.5	
26	13.5	15.9	12.2	14.5	13.2	13.8	14.4	16.8	10.9	7.4	
27	13.2	15.5	11.9	14.1	12.9	13.4	14.1	16.5	10.4	5.8	

BIJLAGE : TABELLEN VAN PROEF 6

OBS.	1=	0 min.
OBS.	2=	3 min.
OBS.	3=	6 min.
OBS.	4=	9 min.
OBS.	5=	12 min.
OBS.	6=	15 min.
OBS.	7=	18 min.
OBS.	8=	21 min.
OBS.	9=	24 min.
OBS.	10=	27 min.
OBS.	11=	30 min.
OBS.	12=	33 min.
OBS.	13=	36 min.
OBS.	14=	39 min.
OBS.	15=	42 min.
OBS.	16=	45 min.
OBS.	17=	48 min.
OBS.	18=	51 min.
OBS.	19=	54 min.
OBS.	20=	57 min.
OBS.	21=	60 min.
OBS.	22=	63 min.
OBS.	23=	66 min.
OBS.	24=	69 min.
OBS.	25=	72 min.
OBS.	26=	75 min.

ZUIGWAND WESTERLEE-PR.6-

PALLETS 1-4,LUCHT ZUIGWAND

OBS	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	°C
1	24.9	24.2	22.6	25.6	20.3	24.2	23.4	25.1	21.6	22.8	
2	24.0	24.1	22.5	25.2	20.6	24.0	23.3	24.7	21.6	22.1	
3	23.2	23.8	22.1	24.7	19.1	23.7	22.9	24.1	21.4	20.9	
4	22.3	23.4	21.7	24.1	17.9	23.3	22.4	23.0	21.0	19.9	
5	21.5	22.9	21.3	23.5	17.1	22.9	21.9	21.9	20.7	19.2	
6	20.5	22.5	20.9	22.8	16.4	22.5	21.4	20.7	20.3	18.5	
7	19.7	22.0	20.5	22.2	15.7	22.1	20.9	19.6	20.0	17.8	
8	18.7	21.4	20.0	21.4	14.8	21.6	20.3	18.5	19.5	16.9	
9	17.8	20.9	19.5	20.7	14.0	21.1	19.8	17.4	19.1	16.2	
10	16.9	20.4	19.1	20.0	13.4	20.7	19.2	16.3	18.7	15.6	
11	15.9	19.8	18.6	19.2	12.7	20.2	18.7	15.3	18.2	15.0	
12	15.0	19.2	18.1	18.5	12.1	19.6	18.1	14.3	17.8	14.4	
13	14.1	18.7	17.7	17.8	11.5	19.1	17.6	13.4	17.3	13.8	
14	13.1	18.1	17.2	17.0	11.0	18.6	17.1	12.5	16.9	13.3	
15	12.3	17.7	16.8	16.3	10.5	18.1	16.6	11.7	16.5	12.7	
16	11.5	17.0	16.2	15.5	9.9	17.6	15.9	10.8	15.9	12.1	
17	10.7	16.5	15.7	14.8	9.2	17.1	15.4	10.0	15.5	11.5	
18	9.9	16.0	15.2	14.1	8.8	16.5	14.8	9.3	15.0	11.0	
19	9.2	15.4	14.7	13.4	8.4	16.0	14.3	8.6	14.6	10.5	
20	8.7	14.9	14.3	12.8	9.0	15.5	13.9	8.0	14.2	10.8	
21	8.1	14.3	13.9	12.2	8.4	15.0	13.4	7.5	13.8	10.3	
22	7.6	13.9	13.5	11.6	7.7	14.5	13.0	7.1	13.4	9.8	
23	7.0	13.4	13.0	11.0	6.9	14.0	12.5	6.6	13.0	8.9	
24	6.5	12.9	12.5	10.5	7.2	13.5	12.0	6.1	12.5	9.1	
25	6.2	12.5	12.2	10.0	7.4	13.0	11.6	5.7	12.2	8.9	
26	5.8	12.1	11.8	9.5	6.5	12.6	11.2	5.4	11.8	8.3	

ZUIGWAND WESTERLEE-PR.6-

PALLETS 5-8,CELLUCHT

OBS	K11	K12	K13	K14	K15	K16	K17	K18	K19	K20
1	25.2	26.1	26.0	26.9	25.7	25.8	25.8	24.7	26.5	16.4
2	22.9	25.1	25.4	26.3	25.1	24.8	25.3	22.7	25.8	12.3
3	20.6	23.7	24.7	25.6	24.1	23.4	24.6	20.5	24.6	8.7
4	18.8	22.1	23.9	24.7	22.9	22.1	24.0	18.4	23.2	7.3
5	17.3	20.4	23.0	23.8	21.6	20.7	23.3	16.6	21.5	6.8
6	16.0	18.8	22.0	23.0	20.3	19.4	22.7	15.1	19.9	5.6
7	14.8	17.3	21.0	22.2	19.1	18.4	22.0	13.8	18.5	5.4
8	13.6	15.9	20.0	21.2	17.9	17.2	21.3	12.4	17.1	3.9
9	12.5	14.6	19.1	20.4	16.8	16.2	20.7	11.2	15.7	3.2
10	11.5	13.4	18.2	19.6	15.7	15.3	20.0	10.2	14.5	2.7
11	10.6	12.2	17.3	18.8	14.7	14.3	19.3	9.1	13.3	2.1
12	9.9	11.1	16.4	17.9	13.7	13.4	18.7	8.3	12.2	2.2
13	9.0	10.1	15.5	17.2	12.7	12.5	18.0	7.5	11.2	1.4
14	8.4	9.3	14.7	16.4	11.9	11.8	17.4	6.8	10.3	1.1
15	7.8	8.5	13.9	15.7	11.1	11.0	16.8	6.1	9.4	1.0
16	7.2	7.8	13.2	15.0	10.3	10.3	16.1	5.5	8.6	0.4
17	6.5	7.1	12.4	14.3	9.6	9.6	15.5	4.9	7.9	0.0
18	5.9	6.4	11.8	13.6	8.9	9.0	14.9	4.3	7.2	-0.3
19	5.4	5.8	11.1	12.9	8.2	8.4	14.3	3.9	6.5	0.0
20	5.7	5.5	10.6	12.3	7.7	8.1	13.8	4.1	6.1	3.2
21	5.4	5.1	10.1	11.9	7.2	7.7	13.3	3.9	5.7	1.3
22	4.9	4.8	9.6	11.4	6.9	7.3	12.9	3.5	5.4	-0.2
23	4.3	4.4	9.1	10.8	6.4	6.8	12.4	2.9	5.0	-1.3
24	4.3	4.1	8.7	10.3	6.0	6.5	11.9	2.9	4.6	2.1
25	4.4	4.0	8.3	10.0	5.7	6.3	11.5	3.1	4.3	1.8
26	3.9	3.7	7.9	9.5	5.4	6.0	11.1	2.7	4.1	-0.3

°C

BIJLAGE : TABELLEN VAN PROEF 7

OBS.	1=	0 min
OBS.	2=	5 min.
OBS.	3=	10 min.
OBS.	4=	15 min.
OBS.	5=	20 min.
OBS.	6=	25 min.
OBS.	7=	30 min.
OBS.	8=	35 min.
OBS.	9=	40 min.
OBS.	10=	45 min.
OBS.	11=	50 min.
OBS.	12=	55 min.
OBS.	13=	60 min.
OBS.	14=	65 min.
OBS.	15=	70 min.
OBS.	16=	75 min.
OBS.	17=	80 min.
OBS.	18=	85 min.
OBS.	19=	90 min.
OBS.	20=	95 min.
OBS.	21=	100 min.
OBS.	22=	105 min.
OBS.	23=	110 min.
OBS.	24=	115 min.
OBS.	25=	120 min.
OBS.	26=	125 min.
OBS.	27=	130 min.
OBS.	28=	135 min.
OBS.	29=	140 min.
OBS.	30=	145 min.
OBS.	31=	150 min.

ZUIGWAND WESTERLEE-PR.7-

PALLETS RADYS

OBS	K10	K11	K12	K13	K14	K15	°C
1	9.3	8.6	8.7	8.0	9.9	10.8	
2	9.6	8.9	8.6	7.9	9.9	10.9	
3	9.3	8.8	8.1	8.0	9.2	10.6	
4	8.1	7.8	6.9	7.8	7.7	10.0	
5	6.5	6.6	5.6	7.6	6.2	9.1	
6	4.9	5.3	4.2	7.1	4.7	8.1	
7	3.8	4.2	3.2	6.6	3.7	7.0	
8	2.5	3.0	2.3	6.0	2.7	6.0	
9	1.7	2.2	1.6	5.4	2.0	5.1	
10	1.2	1.6	1.1	4.8	1.5	4.3	
11	0.5	0.9	0.6	4.2	0.9	3.5	
12	0.3	0.6	0.4	3.7	0.6	2.9	
13	0.0	0.2	0.1	3.2	0.3	2.4	
14	-0.3	-0.1	-0.1	2.7	-0.1	1.8	
15	-0.3	-0.2	-0.2	2.3	-0.2	1.4	
16	-0.5	-0.3	-0.3	1.9	-0.4	1.1	
17	-0.5	-0.5	-0.4	1.5	-0.6	0.7	
18	-0.5	-0.5	-0.4	1.2	-0.6	0.5	
19	-0.5	-0.5	-0.4	1.0	-0.8	0.2	
20	-0.5	-0.5	-0.4	0.7	-0.8	0.1	
21	-0.5	-0.6	-0.5	0.6	-0.8	-0.1	
22	-0.5	-0.6	-0.5	0.4	-0.9	-0.2	
23	-0.3	-0.5	-0.4	0.3	-0.7	-0.2	
24	-0.4	-0.5	-0.5	0.1	-0.7	-0.3	
25	-0.4	-0.5	-0.4	0.1	-0.8	-0.3	
26	-0.4	-0.4	-0.3	0.0	-0.6	-0.3	
27	-0.4	-0.5	-0.3	-0.1	-0.6	-0.3	
28	-0.4	-0.5	-0.2	-0.1	-0.7	-0.2	
29	-0.4	-0.4	-0.2	-0.1	-0.6	-0.1	
30	-0.4	-0.5	-0.3	-0.2	-0.7	-0.2	
31	-0.4	-0.4	-0.2	-0.2	-0.7	-0.2	

ZUIGWAND WESTERLEE-PR.7-

PALLETS KOOLRABI

OBS	K4	K5	K6	K26	K27	K28	°C
1	16.0	15.9	16.0	15.6	15.3	15.8	
2	15.8	15.7	15.8	15.6	15.2	15.7	
3	15.6	15.0	15.1	15.5	14.9	15.2	
4	15.3	14.0	14.2	15.3	14.4	14.4	
5	14.9	12.9	13.1	15.0	13.7	13.5	
6	14.3	11.8	12.0	14.6	13.1	12.4	
7	13.7	10.8	11.0	14.1	12.3	11.4	
8	13.0	9.9	10.1	13.5	11.6	10.4	
9	12.4	9.2	9.3	13.0	11.0	9.5	
10	11.8	8.5	8.6	12.3	10.3	8.7	
11	11.2	7.9	8.0	11.7	9.7	7.9	
12	10.7	7.3	7.3	11.0	9.1	7.2	
13	10.0	6.8	6.8	10.4	8.6	6.5	
14	9.5	6.2	6.3	9.9	8.0	5.9	
15	9.0	5.8	5.8	9.3	7.6	5.4	
16	8.3	5.3	5.3	8.8	7.1	4.8	
17	7.9	4.8	4.8	8.2	6.6	4.3	
18	7.5	4.5	4.5	7.7	6.2	3.9	
19	6.9	4.0	4.1	7.2	5.7	3.4	
20	6.6	3.7	3.7	6.8	5.4	3.1	
21	6.1	3.3	3.4	6.3	5.0	2.6	
22	5.7	3.0	3.1	5.9	4.7	2.4	
23	5.4	2.8	2.8	5.5	4.4	2.1	
24	5.0	2.6	2.7	5.1	4.1	1.9	
25	4.7	2.3	2.4	4.7	3.8	1.6	
26	4.5	2.2	2.3	4.4	3.5	1.5	
27	4.2	2.1	2.1	4.1	3.3	1.3	
28	4.0	1.9	1.9	3.8	3.1	1.1	
29	3.8	1.7	1.8	3.6	2.9	1.1	
30	3.4	1.6	1.6	3.3	2.7	0.8	
31	3.3	1.4	1.4	3.1	2.4	0.7	

ZUIGWAND WESTERLEE -PR. 7 -

PALLETS RETTICH

OBS	K1	K2	K3	K20	K21	K22	°C
1	14.4	14.7	14.5	14.0	14.5	11.6	
2	14.0	14.5	14.3	13.9	14.0	7.7	
3	13.4	14.1	14.1	13.4	12.9	4.8	
4	12.5	13.6	13.9	12.7	11.8	2.9	
5	11.3	12.9	13.3	11.9	10.5	0.6	
6	10.0	12.0	12.7	11.0	9.3	-0.7	
7	8.9	11.3	12.0	10.2	8.2	0.3	
8	7.6	10.4	11.1	9.4	7.2	-2.3	
9	6.6	9.7	10.4	8.6	6.3	0.6	
10	5.7	9.0	9.5	7.8	5.5	-1.4	
11	4.8	8.4	8.7	7.1	4.6	-1.8	
12	4.2	7.9	8.1	6.5	4.1	0.5	
13	3.4	7.3	7.3	5.9	3.6	-2.8	
14	2.8	6.8	6.7	5.3	2.9	-0.5	
15	2.4	6.3	6.1	4.8	2.6	-1.3	
16	1.7	5.8	5.4	4.3	2.1	-3.5	
17	1.4	5.3	4.9	3.8	1.7	-0.2	
18	1.0	5.0	4.4	3.4	1.4	-2.7	
19	0.6	4.6	3.9	3.0	1.0	-1.4	
20	0.4	4.2	3.5	2.7	0.8	-0.7	
21	0.0	3.8	3.0	2.3	0.5	-4.0	
22	-0.1	3.5	2.7	2.0	0.3	-0.5	
23	-0.3	3.2	2.4	1.7	0.3	0.2	
24	-0.4	3.0	2.0	1.6	0.2	-2.7	
25	-0.5	2.7	1.8	1.3	0.0	-0.5	
26	-0.5	2.6	1.6	1.1	0.0	0.2	
27	-0.6	2.3	1.3	1.0	-0.1	-2.1	
28	-0.4	2.1	1.2	0.8	-0.2	-0.5	
29	-0.5	2.0	1.0	0.6	-0.2	-0.5	
30	-0.5	1.7	0.7	0.5	-0.2	-2.1	
31	-0.5	1.6	0.7	0.4	-0.2	0.2	

ZUIGWAND WESTERLEE-PR 7-

PALLETS CHINESE KOOL

OBS	K7	K8	K9	K23	K24	K25
1	16.4	16.5	16.3	16.2	16.3	16.2
2	16.4	16.5	16.3	15.6	16.1	15.9
3	16.5	16.6	16.3	14.8	15.9	15.4
4	16.4	16.6	16.3	14.1	15.5	14.6
5	16.3	16.5	16.1	13.3	15.0	13.8
6	16.2	16.4	15.9	12.6	14.5	12.9
7	16.1	16.4	15.7	12.1	14.2	12.3
8	15.9	16.3	15.5	11.4	13.8	11.6
9	15.7	16.3	15.4	11.0	13.5	11.0
10	15.6	16.3	15.2	10.5	13.2	10.6
11	15.4	16.2	15.0	9.9	12.7	10.0
12	15.2	16.3	14.9	9.6	12.4	9.7
13	15.0	16.2	14.7	9.2	12.1	9.3
14	14.8	16.1	14.5	8.8	11.8	8.9
15	14.6	16.1	14.3	8.6	11.6	8.7
16	14.4	16.0	14.1	8.1	11.2	8.3
17	14.1	15.9	13.9	7.9	10.9	8.1
18	13.9	15.9	13.8	7.6	10.7	7.8
19	13.7	15.8	13.6	7.2	10.3	7.5
20	13.5	15.7	13.4	7.1	10.2	7.4
21	13.3	15.6	13.2	6.8	9.8	7.1
22	13.1	15.5	13.0	6.6	9.7	6.9
23	12.9	15.3	12.9	6.5	9.5	6.8
24	12.7	15.3	12.7	6.3	9.2	6.7
25	12.5	15.1	12.5	6.1	9.0	6.5
26	12.3	15.0	12.4	6.0	8.9	6.4
27	12.1	14.9	12.2	5.8	8.6	6.3
28	12.0	14.8	12.1	5.6	8.4	6.1
29	11.8	14.6	11.9	5.6	8.3	6.1
30	11.6	14.5	11.7	5.3	8.0	5.8
31	11.4	14.4	11.6	5.3	7.9	5.7

°C

ZUIGWAND WESTERLEE-PR.7-

CELLUCHT; ZUIGWAND

OBS CELLUCHT ZUIGWAND

°C

1	14.2	10.4
2	4.6	9.2
3	1.6	6.3
4	0.3	4.7
5	-2.2	2.7
6	-3.1	1.6
7	-1.6	1.9
8	-4.6	0.2
9	0.3	1.8
10	-2.7	0.7
11	-2.9	-0.2
12	0.8	1.4
13	-4.4	-0.7
14	-0.5	0.2
15	-1.9	0.2
16	-5.3	-1.6
17	0.1	0.2
18	-3.9	-1.0
19	-1.6	-0.8
20	-0.3	0.0
21	-5.6	-2.0
22	-0.1	-0.3
23	0.7	0.3
24	-4.1	-1.4
25	-0.1	-0.3
26	0.8	0.4
27	-4.0	-1.3
28	0.2	-0.3
29	-0.4	-0.1
30	-3.6	-1.4
31	1.3	0.2

BIJLAGE : TABELLEN VAN PROEF 8

OBS.	1=	0 min.
OBS.	2=	6 min.
OBS.	3=	12 min.
OBS.	4=	18 min.
OBS.	5=	24 min.
OBS.	6=	30 min.
OBS.	7=	36 min.
OBS.	8=	42 min.
OBS.	9=	48 min.
OBS.	10=	54 min.
OBS.	11=	60 min.
OBS.	12=	66 min.
OBS.	13=	72 min.
OBS.	14=	78 min.
OBS.	15=	84 min.
OBS.	16=	90 min.
OBS.	17=	96 min.
OBS.	18=	102 min.
OBS.	19=	108 min.
OBS.	20=	114 min.
OBS.	21=	120 min.
OBS.	22=	126 min.
OBS.	23=	132 min.
OBS.	24=	138 min.
OBS.	25=	144 min.
OBS.	26=	150 min.

SLAPROEF ZUIGWAND(2*2 PALLETS)-PR.8-

PALLETS 1-2;LUCHT ZUIGW.

OBS	K1(W3)	K2(W4)	K3(W5)	K4(W1)	K5(W2)	VOOR ZUIGWAND
1	12.3	11.6	11.2	15.3	14.9	14.0
2	12.4	12.0	11.3	14.7	14.7	10.5
3	12.3	10.2	10.8	13.7	14.2	6.0
4	12.1	8.2	10.1	12.1	13.2	3.6
5	11.9	7.0	9.7	10.4	11.9	3.7
6	11.6	6.0	9.3	8.7	10.7	3.1
7	11.2	5.6	9.0	7.3	9.4	4.5
8	10.8	5.3	8.7	6.3	8.3	3.7
9	10.4	5.1	8.4	5.5	7.3	3.7
10	10.1	4.9	8.1	5.0	6.6	4.5
11	9.7	4.9	7.9	4.6	5.9	4.0
12	9.4	4.8	7.7	4.3	5.5	4.6
13	9.2	4.8	7.5	4.2	5.2	3.9
14	8.9	4.8	7.2	4.0	4.9	4.7
15	8.7	4.6	7.0	4.0	4.6	3.9
16	8.4	4.6	6.8	3.9	4.5	4.8
17	8.2	4.4	6.6	3.8	4.3	2.5
18	7.9	3.9	6.3	3.6	4.1	1.8
19	7.7	3.5	6.0	3.2	3.9	2.8
20	7.5	3.2	5.7	2.9	3.6	2.2
21	7.2	3.0	5.5	2.6	3.3	2.1
22	7.0	2.8	5.3	2.4	3.0	1.2
23	6.7	2.7	5.1	2.1	2.8	1.8
24	6.6	2.6	4.9	1.9	2.6	2.1
25	6.3	2.5	4.6	1.7	2.3	1.2
26	6.1	2.4	4.5	1.6	2.1	2.0

PALLETS 3-4;CELLUCHT

OBS	K7(YSB,S LA)	K8(YSB,S LA)	K9(SLA) CELLUCHT	°C
1	10.9	12.2	13.6	15.7
2	11.0	12.0	13.1	7.6
3	11.0	11.6	11.8	3.1
4	11.0	10.7	10.2	1.5
5	11.0	9.7	8.9	2.0
6	11.0	8.7	7.6	1.9
7	10.8	7.8	6.7	4.4
8	10.6	7.0	6.0	2.9
9	10.4	6.4	5.5	3.0
10	10.2	5.9	5.1	4.5
11	9.9	5.4	4.8	3.1
12	9.7	5.1	4.6	4.6
13	9.6	4.8	4.4	3.5
14	9.3	4.5	4.3	5.0
15	9.2	4.4	4.2	3.8
16	9.0	4.3	4.1	5.2
17	8.8	4.1	3.9	1.4
18	8.6	3.8	3.5	0.7
19	8.4	3.6	3.2	3.0
20	8.2	3.3	2.9	2.0
21	8.0	3.1	2.7	2.1
22	7.9	2.8	2.5	0.2
23	7.7	2.6	2.3	1.3
24	7.6	2.5	2.1	2.1
25	7.4	2.3	1.9	0.5
26	7.2	2.1	1.8	1.9

***** KOCA *****

COUDEBEHOEFTE VAN EEN KOELCEL

AAN AANVRAGER
ATUM
COMMENTAAR

WESTERLEE
24-Mar-81
VOORKOELINSTALLATIE
MET VERDAMPERS
4 TUNNELS VAN 2 WAGENS
64 PALLETS; 6400 BAKJES

AAN PRODUKT
ASSA PRODUKT
WARMTEPROD. BIJ INZETTEMP.
WARMTEPROD. BIJ CELTEMP.
RICHTAFGIFTECOEFF.
KORTELIJKE WARMTE
ASSA ENBAL.(totaal)
WARMTECAPACITEIT EMB.
GROTE CEL
TEMPERATUUR KLIMAAT 1, 2, 3, 4 m
L. VOCHTIGH. KLIMAAT 1, 2, 3, 4 m
VOLUME van de CEL
ZETTEMP. PRODUKT (To)
TEMP. in de CEL (Ti)
MIN. KOELLUCHT TEMP. (Tmin)
THERMISCHILTEMP. LUCHT-KOELER
TYPE KOELER
CIRCULATIE KOELLEN
MINIESTE KOELTIJD
OPKOELTIJD
AANTAL CHARGES

TOMMAAT
38.4 ton
.149445 kW/ton
.0562584 kW/ton
.3E-10 ks/ksFAs
3.94 kJ/ksK
4.8 ton
13.056 MJ/K
EIGEN OPGAVE KLIMAAT
22 22 22 22 oC
70 70 70 70 %
600 m3
25 oC
14 oC
7 oC
6 oC
DROOG
48000 m3/uur
1.5 uur
.8 uur
1

ID	OPPERVLAK	TEMPERATUUR	K-WAARDE	INSTALING
IR	m2	oC	W/m2K	kW/K
1	342.0	FILE	0.600	0.2052
2	180.0	12	3.555	0.6399

FORC.EXP.KOELEN	Tl ~ Ti	1.09 h	14.00 oC
FORC.LIN.KOELEN	Tl = Ti min	1.26 h	15.59 oC
op basis van T bij Tl = Ti min			

NETTO	FORC.EXP.KOELEN		FORC.LIN.KOELEN	
	CAPACITEIT	VERBRUIK	CAPACITEIT	VERBRUIK
	kW	kWh	kW	kWh
=====				
KOUDEBEHOEFTE	744.18	547.59	357.72	532.10
ADVIESKAPACITEIT	744.18		429.26	
VOL.KOUDEBEHOEFTE	1.24	0.91	0.60	0.89
=====				
VELDW. PRODUKT	655.44	462.29	312.93	462.29
VELDW. EMB.	56.56	39.89	27.00	39.89
WARMTEPROD.	5.74	4.61	2.50	5.50
INSTRALING	6.28	6.99	6.28	4.40
VENTILATOREN	19.87	29.81	8.92	13.39
VOCHTAFGIFTE >	0.30	0.20	0.08	0.20
KOELING CELLUCHT		3.82		6.49
CONDENS <<<	-0.01	-0.03	-0.01	-0.06
=====				

WATERHUISHOUDING					
	kg water		kg water		
=====					
VOCHTAFGIFTE	+	9.62	0.03%	8.76	0.02%
VOCHTOPNAME CEL	-	3.29		5.10	
CONDENS	-	-12.92		-13.86	

ELECTRISCH VERBRUIK		
	kWh	kWh
=====		
KOELMACHINE		1
VENTILATOREN	29.81	13.39
TOTAAL		
=====		
delta-T RETOUR oC	3.59	8.08
CUMULATIE m3/uur	270000.00	120000.00
=====		

***** KOCA *****

KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOELCEL

NAAM AANVRAGER	WESTERLEE
DATUM	24-Mar-81
COMMENTAAR	VOORKOELINSTALLATIE MET NATTE KOELER VOOR TOEPASSING VAN IJSBUFFERING 4 TUNNELS VAN 2 WAGENS 64 PALLETS;6400 BAKJES
NAAM PRODUKT	TOMAAAT
MASSA PRODUKT	38.4 ton
JARWTEPROD. BIJ INZETTEMP.	.149445 kW/ton
JARWTEPROD. BIJ CELTEMP.	.0562584 kW/ton
VOCHTAFGIFTECOEFF.	.3E-10 kg/kgPA.s
DOORTELIJKE WARMTE	3.94 kJ/kgK
MASSA EMBAL.(totaal)	4.8 ton
JARWTECAPACITEIT EMB.	13.056 MJ/K
REGIO CEL	EIGEN OPGAVE KLIMAAT
TEMPERATUUR KLIMAAT 1,2,-,m	22 22 22 22 oC
CEL. VOCHTIGH. KLIMAAT 1,2,-,m	70 70 70 70 %
VOLUME van de CEL	600 m3
INZETTEMP. PRODUKT (To)	25 oC
TEMP. in de CEL (Ti)	14 oC
IN. KOELLUCHT TEMP. (Tmin)	2 oC
IN.KOELLUCHT TEMP. BER (Tmin)	5.53664 oC
ERSCHILTEMP. LUCHT-KOELER	1 oC
TYPE KOELER	NAT
CIRCULATIE KOELEN	48000 m3/uur
BEWENSTE KOELTIJD	1.5 uur
ALFKOELTIJD	.8 uur
ANTAL CHARGES	1

AND	OPPERVLAK	TEMPERATUUR	K-WAARDE	INSTALING
NR	m2	oC	W/m2K	kW/K
1	342.0	FILE	0.600	0.2052
2	180.0	12	3.555	0.6399

BEWAREN

beta = 8

NETTO	BEWAREN CAPACITEIT VERBRUIK kW kWh/dag	
=====		
KOUDEBEHOEFTE	21.04	355.94
ADVIESCAPACITEIT	29.66	
VOL.KOUDEBEHOEFTE	0.00	0.08
=====		
WARMEPROD.	8.64	207.39
INSTALING	0.22	5.21
VENTILATOREN	1.10	25.39
VERLICHTING e.d.	4.00	32.00
VOCHTAFGIFTE >	0.14	4.03
VENTILATIE IN >	18.90	226.83
VENTILATIE UIT <	-11.83	-141.96
CONDENS <<<	-0.14	-2.95
=====		

WATERHUISHOUDING
kg water/dag

=====		
VOCHTAFGIFTE +	247.39	0.16%
VOCHTAANV.v. VENT+	69.37	
CONDENS -	-316.77	
=====		

ELECTRISCH VERBRUIK
kWh/dag

=====		
KOELMACHINE		
VENTILATOREN	25.39	
VERLICHTING e.d.	32.00	
TOTAAL		
=====		

delta-T RETOUR oc	1.46	1.31
CIRCULATIE m3/uur	13500.00	13500.00
DRAAIUREN CIRC.		24.00
DRAAIUREN COMP.		12.00
=====		

OPM: Advies capaciteit BEWARING is bepaald door aantal draaiuren
SPRENGER INSTITUUT OKT 1978 LT

COUDEBEHOEFTE VAN EEN KOELCEL

AAN AANVRAGER
 ADUM
 OMMENTAAR

WESTERLEE
 30-Mar-81
 AANVULLING BIJ BEWARING
 IN VERBAND MET KOELING
 VAN WAGENS EN PALLETS

AAN PRODUKT
 ASSA PRODUKT
 ARHTEPROD. BIJ INZETTEMP.
 ARHTEPROD. BIJ CELTEMP.
 OCHTAFGIFTECOEFF.
 DORTELIJKE WARMTE
 ASSA EMBAL.(totaal)
 ARHTECAPACITEIT EMB.
 EGIO CEL
 IMPERATUUR KLIMAAT 1,°, -, m
 L. VOCHTIGH. KLIMAAT 1,°, -, m
 LUME van de CEL
 ZETTEMP. PRODUKT (To)
 MP. in de CEL (Ti)
 RSCHILTEMP. LUCHT-KOELER
 PE KOELER
 RCULATIE KOELEN
 WENSTE KOELTIJD
 LFKOELTIJD
 NTAL CHARGES
 JD TUSSEN CHARGES
 IALE KOELTIJD

TOMAAAT
 0 ton
 .115319 kW/ton
 .0562584 kW/ton
 .3E-10 ks/ksPAs
 3.94 kJ/ksK
 9.6 ton
 18.9344 MJ/K
 EIGEN OPGAVE KLIMAAT
 22 22 22 22 oC
 70 70 70 70 %
 4500 m3
 22 oC
 14 oC
 6 oC
 DROOG
 13500 m3/uur
 8 uur
 1 uur
 4
 2 uur
 14 uur

EXP. KOELEN

$T-T_i=0.03(T_o-T_i)$

5.06 h

14.24 °C

NETTO

EXP. KOELEN
CAPACITEIT VERBRUIK
kW kWh

=====

KOUDEBEHOEFTE	10.79	171.22
ADVIESCAPACITEIT	10.79	
VOL.KOUDEBEHOEFTE	0.00	0.04

=====

=====

VELDW. EMB.	9.68	42.08
VENTILATOREN	1.10	15.46
KOELING CELLUCHT		114.61
CONDENS <<<	0.00	-0.92

=====

WATERHUISHOUDING

kg water

=====

VOCHTOPNAME CEL -	98.80
CONDENS -	-98.80

=====

ELECTRISCH VERBRUIK

kWh

=====

KOELMACHINE	
VENTILATOREN	15.46
TOTAAL	

=====

delta-T RETOUR °C 0.65

CIRCULATIE m3/uur 13500.00

=====

SPRENGER INSTITUUT OKT 1978 LT

(

***** KOCA *****

KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOEL/STOOK-CEL

NAAM AANVRAGER	WESTERLEE
DATUM	07-Apr-81
VOORKOELINSTALLATIE	
ADIABATISCHE KOELING	
NAAM PRODUKT	TOMAAAT
MASSA PRODUKT	38.4 ton
WARMTENPROD. BIJ INZETTEMP.	.149445 kW/ton
WARMTENPROD. BIJ CELTEMP.	.115319 kW/ton
VOCHTAFGIFTECOEFF.	.3E-10 kg/kgPa.s
SOORTELIJKE WARMTEN	3.94 kJ/kgK
MASSA EMBAL.(totaal)	4.8 ton
WARMTENCAPACITEIT EMB.	13.056 MJ/K
REGIO CEL	EIGEN OPGAVE KLIMAAT
TEMPERATUUR KLIMAAT 1,2,-,m	18 18 18 18 oC
REL. VOCHTIGH. KLIMAAT 1,2,-,m	95 95 95 95 %
VOLUME van de CEL	600 m3
INZETTEMP. PRODUKT (To)	25 oC
TEMP. in de CEL (Ti)	22 oC
MIN. KOELLUCHT TEMP. (Tmin)	18 oC
MIN.KOELLUCHT TEMP. BER (Tmin)	19.2302 oC
VERSCHILTEMP. LUCHT-KOELER	0 oC
TYPE KOELER	DROOG
CIRCULATIE KOELEN	120000 m3/uur
VENTILATIE KOELEN	120000 m3/uur
GEWENSTE KOELTIJD	1.25 uur
HALFKOELTIJD	.8 uur
AANTAL CHARGES	1

WAND	OPPERVLAK	TEMPERATUUR	K-WAARDE	INSTRALING
NR	m2	oC	W/m2K	kW/K
1	342.0	22	0.600	0.2052
2	180.0	12	3.555	0.6399

```

FORC.LIN.KOELEN    Tl = Ti min          1.25 h    22.00 oC
                   Ti min                =          18.00 oC
                   Ti min berekend=          19.23 oC
op basis van T bij Tl = Ti min

```

FORC. LIN. KOELEN
NETTO CAPACITEIT VERBRUIK
kW kWh

KOUDEBEHOEFTE	70.37	1.80
ADVIESKAPACITEIT	84.45	
VOL.KOUDEBEHOEFTE	0.12	0.00

VELDW. PRODUKT	100.86	126.08
VELDW. EMB.	8.70	10.88
WARMTEPROD.	4.43	6.32
INSTRALING	-4.06	-6.66
VENTILATOREN	17.66	22.08
VOCHTAFGIFTE >	0.07	0.13
VENTILATIE IN >	1949.27	2436.58
VENTILATIE UIT <	-2006.57	-2593.38
KOELING CELLUCHT		-0.23

WATERHUISHOUDING
kg water

VOCHTAFGIFTE	+	4.77	0.01%
VOCHTAANV.v.VENT	+	-4.77	
VOCHTOPNAME CEL	-	0.00	

ELECTRISCH VERBRUIK
kWh

KOELMACHINE	
VENTILATOREN	22,08
TOTAAL	

delta-T RETOUR oc 2.64
CIRCULATIE m3/uur 120000.00

SPRENGER INSTITUUT OKT 1978 LT

***** KOCA *****

KOUDEBEHOEFTE VAN EEN KOELCEL

NAAM AANVRAGER	WESTERLEE
DATUM	30-Mar-81
COMMENTAAR	VOORKOELINSTALLATIE MET NATTE KOELER VOOR TOEPASSING VAN IJSBUFFERING EN TOEPASSING VAN ADIABATISCHE KOELING IN DE EERSTE PERIODE
NAAM PRODUCT	TOMAAAT
MASSA PRODUCT	38.4 ton
WARMTEPROD. BIJ INZETTEMP.	.115319 kW/ton
WARMTEPROD. BIJ CELTEMP.	.0562584 kW/ton
VOCHTAFGIFTECOEFF.	.3E-10 ks/ksPAs
DOORTREKSEL WARMTE	3.94 kJ/ksK
MASSA EMBAL.(totaal)	4.8 ton
WARMTECAPACITEIT EMB.	13.056 MJ/K
REGIO CEL	EIGEN OPGAVE KLIMAAT
TEMPERATUUR KLIMAAT 1,2,3,4	22 22 22 22 oC
VOCHTIGHEID KLIMAAT 1,2,3,4	70 70 70 70 %
VOLUME van de CEL	600 m3
INZETTEMP. PRODUCT (To)	22 oC
TEMP. in de CEL (Ti)	14 oC
IN. KOELLUCHT TEMP. (Tmin)	7 oC
IN. KOELLUCHT TEMP. BER (Tmin)	7.84487 oC
TERSCHILTEMP. LUCHT-KOELER	1 oC
TYPE KOELER	NAT
VERBODEN COELING	120000 m3/uur
MINIMALE COELTIJD	1.5 uur
MAXIMALE COELTIJD	.8 uur
AANTAL CHARGES	1

NO	OPPERVLAK	TEMPERATUUR	K-WAARDE	INSTELLING
NR	m2	oC	W/m2K	kW/K
1	342.0	FILE	0.600	0.2052
2	180.0	12	3.555	0.6399

FORC.EXP.KOELEN	Tl ~ Ti	0.98 h	14.00 oC
FORC.LIN.KOELEN	Tl = Ti min	1.50 h	14.00 oC
	Ti min =		7.00 oC
	Ti min berekend=		7.84 oC

op basis van T bij Tl = Ti min

NETTO	FORC.EXP.KOELEN		FORC.LIN.KOELEN	
	CAPACITEIT	VERBRUIK	CAPACITEIT	VERBRUIK
	kW	kWh	kW	kWh
=====				
KOUDEBEHOEFTE	624.04	407.32	260.15	391.90
ADVIESKAPACITEIT	624.04		312.18	
VOL.KOUDEBEHOEFTE	1.04	0.68	0.43	0.65
=====				
VELDW. PRODUKT	546.20	336.21	224.14	336.21
VELDW. EMB.	47.13	29.01	19.34	29.01
WARMTPROD.	4.43	4.01	2.16	4.76
INSTRALING	6.28	5.75	5.56	3.27
VENTILATOREN	19.87	29.81	8.92	13.39
VOCHTAFGIFTE >	0.18	0.09	0.04	0.10
KOELING CELLUCHT		2.48		5.24
CONDENS <<<	-0.05	-0.03	-0.02	-0.09
=====				

WATERHUISHOUDING					
	kg water		kg water		
=====					
VOCHTAFGIFTE	+	4.21	0.01%	4.79	0.01%
VOCHTOPNAME CEL	-	1.37		3.56	
CONDENS	-	-5.58		-8.35	
=====					

ELECTRISCH VERBRUIK		
	kWh	kWh
=====		
KOELMACHINE		
VENTILATOREN	29.81	13.39
TOTAAL		
=====		
delta-T RETOUR oC	2.63	5.93
CIRCULATIE m3/uur	270000.00	120000.00
=====		

SPRENGER INSTITUUT ~~22-53~~ 11

N.B. Uit de koeltechnische berekeningen blijkt, dat grote koelvermogens nodig zijn bij het snel voorkoelen. In hoofdstuk 4 is reeds berekend welke besparingen er mogelijk zijn ten aanzien van de te installeren koudebehoefte indien gebruik wordt gemaakt van bijv. ijsbuffering.

Sinds kort is er een nieuwe koelmachine verkrijgbaar, die is ontwikkeld in Israël, waarbij rechtstreeks koud water wordt verkregen door het verdampen van water onder verlaagde druk. Deze machine is uitsluitend geschikt voor grote projecten waarbij 1000 kW of meer koelvermogen nodig is en geeft dan grote energiebesparingen ten opzichte van conventionele koeling. De koelmachine heeft een koude factor die aanzienlijk groter is dan bij conventionele koelmachines het geval is.

(koudefactor = koelcapaciteit/toegevoerd vermogen). Omdat deze koelmachine rechtstreeks water koelt is deze machine bij uitstek geschikt voor toepassing in combinatie met natte koelers. Ook ijsbuffering is mogelijk met deze machine. Het Sprenger Instituut heeft nadere informatie over de installatie gekregen met als verzoek deze informatie vooralsnog als vertrouwelijk te beschouwen. Het verdient aanbeveling bij realisatie van een voorkoelinstallatie de mogelijkheden van deze koelmachine te onderzoeken.